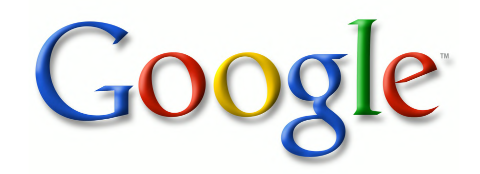
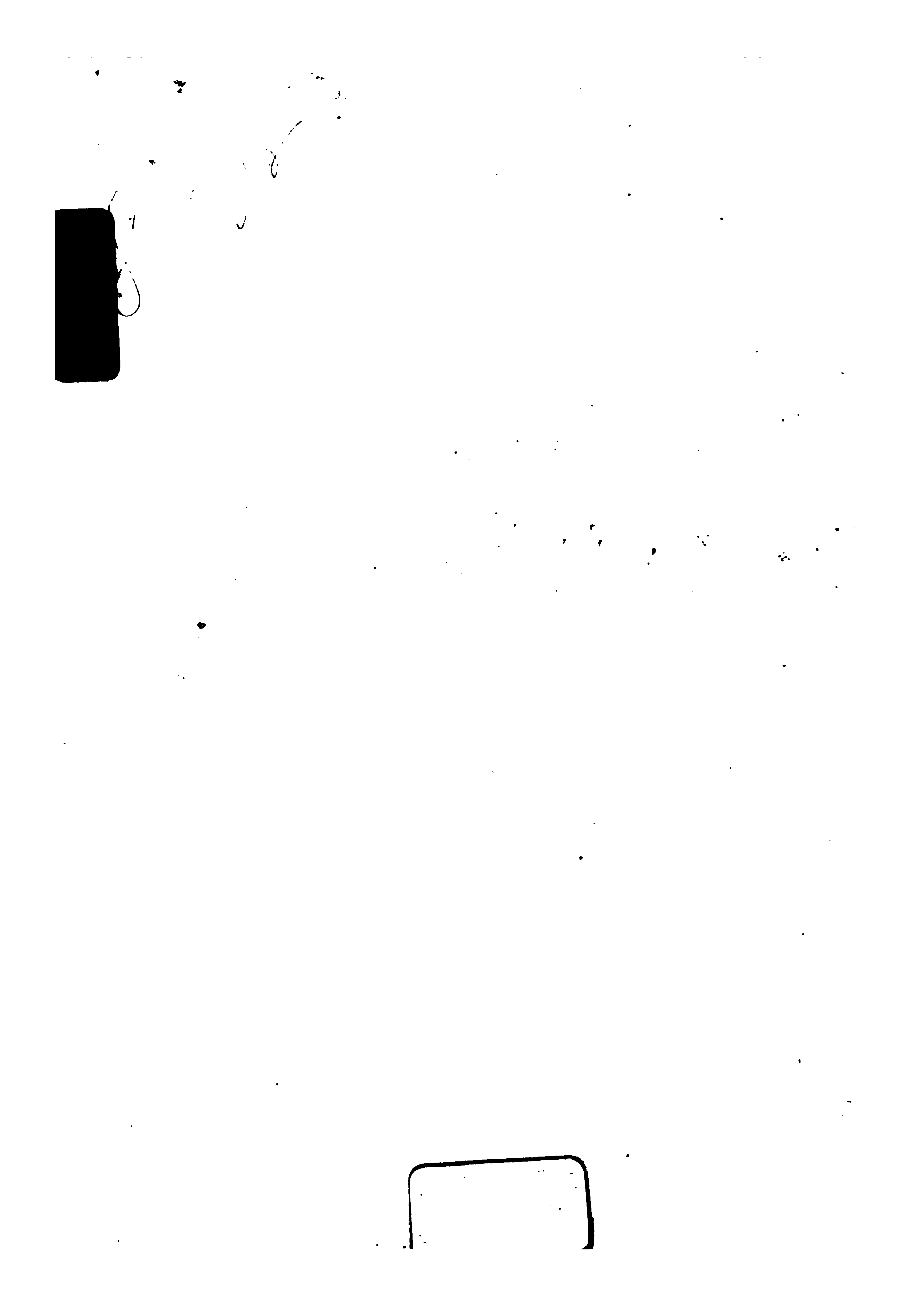
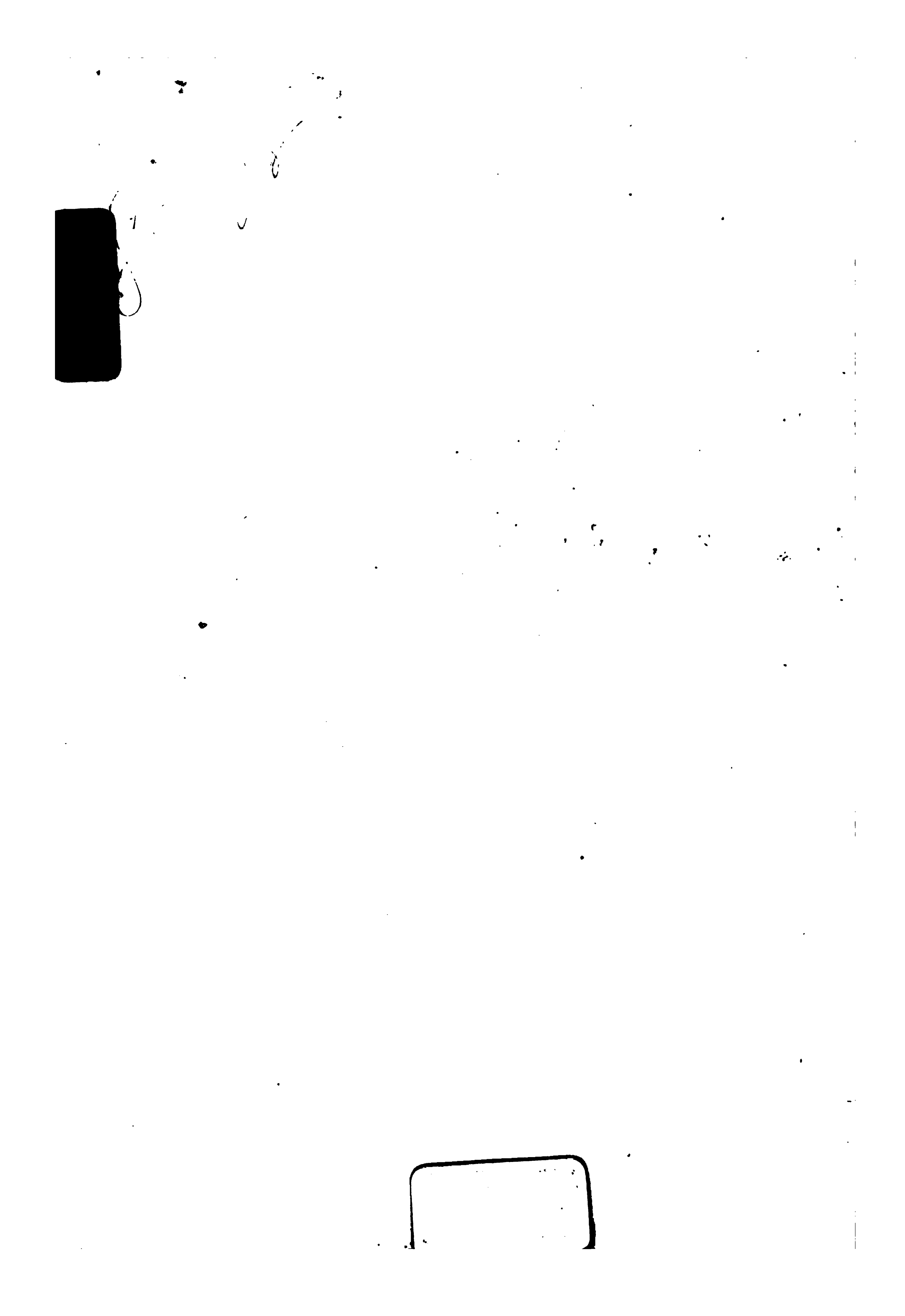








MÉMOIRE HYDROGRAPHIQUE

SUR LES

BOUCHES DU DANUBE

PARIS. — TYPOGRAPHIE DE HENRI PLON,
IMPRIMEUR DE L'EMPEREUR,
RUE GARANCIÈRE, 8.

MÉMOIRE HYDROGRAPHIQUE

SUR LES

BOUCHES DU DANUBE

PAR

MR P. PALÉOCAPA,

MINISTRE DE S. M. LE ROI DE SARDAIGNE

(TRADUIT DE L'ITALIEN.)

PARIS

MALLET-BACHELIER, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DE L'ÉCOLE IMPÉRIALE POLYTECHNIQUE,

QUAI DES AUGUSTINS, 55.

1858



A

S. EXC. LE GÉNÉRAL ALPHONSE DE LA MARMORÀ,

MINISTRE DE LA GUERRE.

Turin, 28 avril 1858.

MON CHER COLLÈGUE,

Je vous renvoie la caisse contenant les écrits et les dessins relatifs à la régularisation du Danube. Vous y trouverez joint un Mémoire dans lequel j'ai exposé mon opinion sur cette question importante. Cet écrit est un peu long; mais il m'a semblé opportun de développer quelques considérations propres à conduire plus facilement à la solution de ce problème, et de résumer les données principales qui s'y rapportent et qui sont éparses dans les divers documents que vous m'avez communiqués.

Ce travail pourra, ce me semble, faciliter l'étude de la question à celui qui devra, par la suite, la discuter dans un congrès et y soutenir les intérêts de notre commerce[1]. Quoi qu'il en puisse être et quel que soit le cas qu'on croie devoir faire de mon Mémoire, je vous prie, vous et tous ceux qui le liront, de vous rappeler que celui qui l'a dicté est atteint d'une complète cécité, et que, par conséquent, il a droit à beaucoup d'indulgence.

P. PALÉOCAPA.

[1] Une commission technique internationale a été convoquée à Paris pour résoudre les questions relatives à la navigation du Danube. Elle est composée de

MM. TOSTAIN, inspecteur général des ponts et chaussées, délégué par la France,
FOUKE, officier du génie, délégué par la Grande-Bretagne,
LENTZE, inspecteur général des ponts et chaussées, délégué par la Prusse.
MÉNABRÉA, colonel du génie, délégué par la Sardaigne.

TABLE DES MATIÈRES.

MÉMOIRE HYDROGRAPHIQUE

SUR LES

BOUCHES DU DANUBE

CHOIX A FAIRE D'UN DES EMBRANCHEMENTS
ET TRAVAUX A EXÉCUTER
POUR EN RÉGULARISER L'EMBOUCHURE DANS LA MER NOIRE.

§ Ier.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Un des problèmes les plus compliqués et les plus difficiles de l'hydraulique pratique, c'est de se proposer de régulariser l'embouchure d'un grand fleuve, quand ce fleuve roule à toute époque de l'année des eaux limoneuses, et entraîne dans son cours des matières plus ou moins pesantes, que, dans les grandes crues surtout, il charrie en énormes quantités. La difficulté du problème s'accroît encore quand il faut faire un choix entre les divers em-

branchements par lesquels ce fleuve se jette dans la mer, et quand de ce choix dépendent le succès et la durée des travaux à entreprendre pour le but qu'on veut atteindre.

Afin de bien résoudre ce problème, il est nécessaire avant tout d'avoir égard à trois conditions principales auxquelles la solution doit satisfaire. Ces trois conditions sont les suivantes :

1° Le passage à travers les bancs de sable qui se forment toujours à l'embouchure d'un fleuve;

2° La navigation sur les bras du fleuve, dans lesquels on entre une fois qu'on a franchi son embouchure;

3° Le point de la côte où le bras du fleuve auquel on aura donné la préférence se jette dans la mer, eu égard à la route parcourue par les bâtiments qui descendent ou qui montent le fleuve, quittant ou gagnant les ports et les baies de la mer dans lesquels la navigation et le commerce ont le plus d'importance.

Il est même une quatrième condition à laquelle on doit s'efforcer de satisfaire : celle des travaux plus ou moins considérables, et par conséquent plus ou moins longs et plus ou moins onéreux, auxquels peuvent conduire la régularisation d'un de ces divers

embranchements préféré à tout autre, et la régularisation de l'embouchure qui y répond. Il est évident que cette dernière condition doit être subordonnée à la réalisation des trois premières. Mais il faut aussi que les dépenses n'excèdent pas une certaine limite, et qu'on puisse les regarder comme largement compensées, soit par l'utilité qui en résultera pour la navigation, soit par les péages dont elle pourra être grevée, tout en gagnant un avantage réel en comparaison des charges auxquelles elle était assujettie antérieurement. Il faut encore que le temps employé pour l'exécution des travaux ne se prolonge pas à ce point de faire perdre à celui qui les entreprend l'espoir de jouir un jour de leurs effets permanents; et il doit, en attendant, pouvoir se ménager la navigation, même pénible, que permettent les embranchements et l'embouchure du fleuve dans le mauvais état où elles sont.

Des trois conditions qui viennent d'être indiquées, il est indubitable que la première est la plus essentielle. Pour le prouver, il n'est pas besoin d'une longue discussion. Il suffit de considérer que, toute sûre et facile que puisse être la navigation du bras du fleuve, si le banc de sable qui en obstrue l'embouchure était impraticable, le premier avantage

serait tout à fait illusoire pour la navigation maritime, aussi bien que le choix du point de la côte où débouche le bras du fleuve, puisque les bâtiments arrivés à ce point n'y trouveraient ni entrée ni sortie assurées.

Le but auquel on doit viser exigeant que l'obstacle opposé par les barres à la libre navigation soit écarté d'une manière stable et permanente, je ne crois pas inopportun d'exposer ici quelques considérations sur la formation et la mutabilité de ces barres, et du passage que le courant du fleuve s'ouvre toujours à travers ces barres à une profondeur plus ou moins grande.

On peut attribuer la formation des bancs de sable dans la mer à deux causes. Les matières que les fleuves charrient continuellement dans la mer sont la première; la seconde provient des sables qui, soulevés par les lames du fond, sous l'impulsion des tempêtes, sont jetés contre le rivage et contribuent au prolongement de ces bancs dans la mer, effet qui se produit même dans beaucoup d'endroits où n'existent pas d'embouchures de fleuve.

A ces deux causes générales, vient s'en joindre une troisième dans les mers et le long des côtes sur

lesquelles se manifeste l'action perpétuelle des courants maritimes dans une direction déterminée. Ces courants peuvent toutefois être atténués, et même prendre une direction différente à la surface ou à peu de profondeur, sous l'action des vents contraires et persistants. Mais, à l'inverse, ils peuvent, par l'action simultanée d'autres vents, être notablement augmentés, sans cesser jamais d'agir à une petite profondeur sous le niveau de la mer[1].

[1] Des trois causes signalées, la troisième, c'est-à-dire celle du courant maritime le long des côtes, a été reconnue pour la première fois par les Vénitiens au quinzième siècle, et réduite en théorie régulière au dix-septième siècle. Mais les deux autres étaient déjà bien connues par les plus anciens géographes et historiens.

Il suffit ici de citer Polybe, dont les observations écrites depuis vingt siècles se rapportent précisément à la mer Noire et aux grands fleuves qui ont leur embouchure dans cette mer. Voici ce qu'il dit de l'état dans lequel se trouvaient déjà à son époque le Pont et le Palus Méotide :

« Le Pont se remplit continuellement du sable que les fleuves y » apportent à chaque instant, et un jour viendra où son lit sera » au niveau de la terre. Nous en pouvons dire autant du Palus Méo- » tide, tant qu'existera la disposition actuelle des lieux et que les » sables continueront à y être amenés. Les bassins dont nous par- » lons étant formés par des limites naturelles, il est clair que les » matières qui y sont continuellement apportées, même en petite » quantité, finiraient un jour par les combler complétement. Mais » comme les matières qui s'y accumulent sont en quantité consi- » dérable, il est certain que ce que nous signalons comme devant » amener l'entier comblement de ces bassins, est déjà en partie

Des trois causes citées, on ne peut révoquer en doute que la première ne soit la plus efficace.

Il est vrai que quelques ingénieurs et hydrographes ont, au contraire, attribué principalement et presque exclusivement la formation des bancs de

» réalisé... L'observation attentive de ce qui vient d'être signalé en » fera connaître toute la vérité. Le Danube, qui parcourt une grande » partie de l'Europe, se jette dans le Pont par plusieurs embouchures; » les matières qu'il charrie forment des monticules, que les marins » nomment *Stéthé* (dos, poitrails). Jusqu'à la distance d'une journée » du rivage, les marins vont souvent se heurter de nuit contre ces » obstacles, et ils courent de grands dangers. Ces monticules ne se » forment pas le long du rivage; ils se forment plus avant dans la » mer, parce que le fleuve traîne les sables et les autres matières » qu'il transporte jusqu'au point où cesse d'agir la force du courant » contre-balancée par la résistance des ondes. C'est sur le point où » les eaux du fleuve se confondent avec l'eau salée que, par une loi » naturelle, la matière descend au fond, d'où elle n'est soulevée » que dans les tempêtes. Il résulte de là que les bancs de sable » des fleuves les plus grands et les plus impétueux se forment plus » avant dans la mer. Il y a plus de profondeur près de terre, » tandis que les bancs qui se forment à l'embouchure des fleuves » plus petits et d'un cours moins impétueux, se trouvent moins » éloignés de leur embouchure. Logiquement, ce résultat n'est pas » seulement vraisemblable; il est même nécessaire. Autant, en effet, » l'eau des Palus Méotides est plus douce que celle du Pont, au- » tant celle-ci l'est plus que celle de notre mer. Il est clair que » lorsque le temps employé à l'ensablement des Palus Méotides se » sera écoulé pour le Pont dans une proportion égale à l'étendue » des deux lits, le Pont deviendra un lac fangeux et plein d'eau » douce comme les Palus. » (POLYBE, *Histoire générale,* livre IV, chap. XL, XLI et XLII.)

sable qui barrent les embouchures, à l'action des lames du fond de la mer. Ils établissaient leur opinion sur deux arguments. Le premier, c'est la tendance de l'action des ondes maritimes à pousser les sables contre la côte, et à former ainsi des bancs de sable et des dunes, là même où n'existe pas d'embouchure de fleuve aux eaux bourbeuses. Le second argument, c'est la quantité prodigieuse de dépouilles de certains crustacés qui se trouvent mêlés aux sables des bancs. Ces sables sont plus pesants que les matières que le fleuve tient en suspension au point où il se jette dans la mer, et qu'il emporte lentement au large. Ces matières sont, en outre, en si grande quantité, qu'on ne croit pas qu'elles puissent provenir seulement des eaux troubles du fleuve; car il ne contient qu'assez peu de matières, dont la majeure partie est toujours transportée au large, jusqu'aux plus grandes profondeurs de la mer où elles finissent par se déposer.

Les ingénieurs qui ont émis cette opinion n'ont pas considéré que les matières que charrie un fleuve, et qui aboutissent à la mer par son embouchure, ne sont pas limitées à celles que le fleuve tient en suspension dans ses eaux pendant les crues. Ces matières en suspension, quoique abondantes, n'en

forment qu'une partie, et elles se trouvent en quantité moindre qu'on ne le croit vulgairement. Les observations que j'ai faites sur le Pô, pendant les grandes crues, réduisent la quantité de matières que ce fleuve, pourtant tres-trouble, y tient en suspension, à $\frac{1}{2000}$ ou $\frac{1}{3000}$ du volume de l'eau, à une distance de plusieurs milles de son embouchure. Les observations faites sur le Danube par l'ingénieur Hartley, et qui sont consignées dans son beau mémoire, réduisent à $\frac{1}{2400}$ les matières étrangères à l'eau pendant les crues ordinaires, et à $\frac{1}{33000}$ seulement celles que le fleuve tient en suspension pendant les plus basses eaux.

Ce qui produit les plus grandes alluvions aux embouchures des fleuves, et ce qui fait le plus avancer les côtes, ce ne sont pas les sables que les eaux contiennent en suspension, ce sont les matières entraînées sur le fond même du lit. Celles-ci sont non-seulement les plus abondantes, mais encore les plus pesantes. A peine sorties du lit du fleuve, elles s'arrêtent au fond, et forment sous le niveau de l'eau des bancs qui s'élèvent insensiblement, et où viennent s'entasser les matières fangeuses, qui allongent ainsi le canal de l'embouchure, et agrandissent de plus en plus le cône ou delta d'alluvion.

Voici une preuve frappante que les alluvions se forment par les matières que le fleuve apporte à la mer. En puisant de l'eau d'un fleuve dans ses derniers embranchements et à la plus grande profondeur de son cours, on n'en recueille jamais que du limon en petite quantité, mêlé à très-peu de sable fin, et bien différent de celui qui est entraîné en grande quantité sur le fond du lit. C'est ce qui résulte d'une foule d'expériences qu'il serait facile de vérifier.

Il est cependant certain que la deuxième des causes mentionnées est assez puissante pour produire des bancs de sable : nous voulons dire, l'action des ondes de la mer ou des lames de fond. Mais cette cause est secondaire, et n'est qu'une conséquence de la première. En effet, les matières soulevées par la mer et jetées contre la côte, où, aidées par les vents, elles forment en beaucoup d'endroits des lignes de dunes et des bancs de sable plus ou moins étendus et plus ou moins élevés, ne sont autre chose que les matières mêmes que les fleuves déversent dans la mer. C'est ce que démontrent des observations attentives. En examinant les plages, on les trouve formées de limon et de sable de la nature même de ceux des fleuves qui débouchent dans

la mer. Ces sables à la côte ne sont modifiés que par l'action chimique qu'exercent sur eux les eaux salées dans lesquelles ils ont longtemps séjourné, mêlés aux dépouilles brisées et en partie pulvérisées des crustacés marins.

Les fleuves, en déchargeant leurs sables en mer, forment sur la plage un plan légèrement incliné et de peu de profondeur jusqu'à une grande distance de la terre. C'est sur ce plan seulement que le mouvement des ondes peut avoir une forte action pour remuer les matières dont est formée la plage même du fond de l'eau, et pour les jeter contre les rives; car il est bien reconnu que, quelque violentes que puissent être les tempêtes, l'eau de la mer se maintient parfaitement tranquille à une profondeur qui ne peut guère être plus grande que la hauteur du sommet de l'onde, relativement à la partie concave de l'onde même.

L'action dont nous venons de parler, c'est-à-dire celle de la mer sur le fond, contribuerait à approfondir le rivage et à en rendre la pente plus rapide. Mais les alluvions incessantes des fleuves, aidées par le ressac, le rétablissent dans sa faible inclinaison primitive; et c'est ainsi que se renouvelle alternativement l'action efficace des lames du fond. Nous en

aurons une preuve en observant que, même aux embouchures des fleuves les plus grands, et dont les eaux contiennent le plus de matières, il arrive très-souvent qu'il y a non pas une ligne unique de dunes et de bancs de sable, mais qu'il en existe plusieurs l'une devant l'autre. C'est qu'après qu'une de ces lignes s'est formée, et que les fleuves ont avancé l'alluvion et rétabli la pente douce du fond de l'eau, la mer à son tour soulève les sables et les rejette sur la nouvelle alluvion, en créant une nouvelle ligne.

Quant à la troisième cause de la formation et de l'extension progressive des bancs de sable, c'est-à-dire l'action des courants maritimes, j'ai observé qu'elle n'est pas générale, bien qu'elle soit très-efficace là où ces courants ont une direction convenable. La côte septentrionale et occidentale de la mer Noire se trouve précisément dans ce cas; et c'est là, comme on sait, que se développe la base du delta engendré par le Danube.

Dans le *Portulan* de la mer Noire, publié par le chevalier Taitbout de Marigny, se trouvent décrits avec beaucoup de soin ces courants de la mer Noire. En nous limitant à ce qui peut se rapporter au sujet que nous traitons ici, nous observe-

rons que les courants qui débouchent du détroit de Kerch sont très-forts, et qu'ils sont produits par les eaux du Don et de divers autres fleuves qui ont leur embouchure dans la mer d'Azof. Ces courants prennent leur principal mouvement littoral autour des côtes de Crimée. Au delà du cap de Eskiforas, ils se renforcent, en s'unissant à ceux qui proviennent des débouchés d'autres grands fleuves, comme le Dnieper, le Bug et le Dniester. Ils sont alors entraînés vers l'ouest, où, réunis, ils se heurtent dans les eaux du Danube, déjà lancées au large; et tous, en masse, rasant toujours la côte, ils vont se précipiter vers le détroit de Constantinople.

Maintenant il ne me paraît pas qu'on puisse révoquer en doute que l'action de ces courants n'exerce une notable influence sur la formation des bancs de sable. Leurs mouvements incessants transportent certainement une quantité de sable qui se joint à celui des fleuves, et ils font précipiter ces sables d'autant plus promptement aux débouchés des fleuves et de leurs embranchements, que les deux courants se contrarient réciproquement, ralentissent la vélocité des eaux, et par suite accélèrent la précipitation de la matière sur le fond.

Ici il convient de remarquer que les lames du fond,

en coopérant directement à l'extension et à l'exhaussement des bancs de sable, de la manière qui vient d'être indiquée, tendent également à accroître les effets du mouvement rasant, en soulevant les matières des plages basses pour les jeter vers la rive. Les lames de fond sont cause que ces matières, restant en suspension dans l'eau, obéissent plus facilement au courant littoral. Dans son mouvement continuel, troublé, mais non interrompu par les lames, le courant littoral entraîne avec lui çà et là les matières soulevées, et surtout les matières terreuses, qui sont les plus légères et les moins faciles à déposer. Cette action simultanée des courants maritimes et des lames du fond se manifeste devant la plage danubienne par un autre phénomène qu'a observé M. Nobiling : c'est la déclivité de la plage maritime, qui devient plus rapide du nord au sud, c'est-à-dire à mesure que le courant littoral, après avoir coopéré à la formation des bancs de sable, depuis l'embouchure du Kilia en bas, se rapproche du Bosphore par où il a son issue.

Voici une autre preuve évidente que, pour les mers qui se trouvent dans les conditions du littoral occidental de la mer Noire, l'avancement des côtes et la formation des bancs de sable sont les consé-

quences des alluvions des fleuves déposées immédiatement devant leur embouchure ou transportées suivant la direction du courant littoral, tandis que les lames de fond, quoique contribuant puissamment à produire cet avancement, ne sont qu'une cause secondaire et une conséquence de la première. Pour s'en convaincre, il suffit de comparer la formation différente des embouchures des fleuves aux eaux bourbeuses, à celle des canaux de marée qui sortent des lagunes sujettes à un notable flux et reflux, et à celle des fleuves qui roulent à la mer des eaux limpides. Les fleuves qui roulent des eaux troubles, et qui charrient une quantité de matières sur le fond de leur lit, dirigent presque toujours leur embouchure dans une direction contraire à celle du courant littoral. Dans le cas que nous examinons, c'est à gauche que l'embouchure se dirige, formant des bancs de sable plus étendus et plus élevés à droite. La raison en est que la partie sous-courante manque le mouvement littoral de la mer, qui, coupé et interrompu par le cours du fleuve, se ralentit et prend le large. Ainsi le mouvement littoral poussait en avant à droite une partie des sables apportés immédiatement par le fleuve, aussi bien que les sables qui étaient jetés par ce même fleuve sur les basses plages,

et qui étaient ensuite soulevés de nouveau par les ondes. Mais ce mouvement venant à manquer, il arrive que les sables se déposent immédiatement du même côté droit et réussissent à former ces mêmes bancs de sable qui, par leur résistance, font prendre au fleuve une marche opposée à celle du courant littoral. Il est vrai qu'il se forme d'autres bancs de sable à gauche; mais ils sont moins étendus et moins élevés, parce que le courant maritime, en s'unissant et en agissant avec celui du fleuve, tend à rejeter plus au large en mer les matières que le fleuve apporte. Il arrive cependant que le fleuve tourné à gauche, après avoir outre-passé les bancs de sable qui l'ont contraint à prendre cette direction, cesse de la suivre pour courir à droite. C'est ce qui a lieu principalement quand, par la proximité d'autres fleuves qui débouchent sur la gauche, des bancs de sable viennent à se former de ce côté, aussi élevés et même plus élevés que ceux qui se trouvent à la droite du fleuve.

Mais si nous revenons sur la cause que nous croyons être la plus immédiate et la plus active dans la formation des bancs de sable à l'embouchure des fleuves, nous observerons que la quantité des matières entraînées et portées au large est proportion-

née à la masse liquide que le fleuve fournit pendant les différents états de ses eaux.

Il suit de là que, si à première vue, il semble qu'entre les divers embranchements qui divisent un grand fleuve avant qu'il ne débouche dans la mer, le bras le plus considérable, c'est-à-dire celui qui roule la plus grande masse d'eau et qui a le plus de vitesse, doive être celui qui déblaye le plus facilement son embouchure, c'est au contraire ce bras qui est le plus obstrué par les bancs de sable les plus élevés et les plus étendus. C'est que précisément la masse des matières déposée à son embouchure croît en proportion de sa plus grande masse d'eau et de sa plus grande vitesse, soit que ces matières proviennent du limon dissous dans l'eau ou bien des sables charriés sur le fond du lit. Toutefois, ce phénomène ne se vérifie que dans certaines limites; car il est évident que, si la masse des eaux d'un des embranchements est très-petite, elle manque trop tôt de force. Alors les eaux qui se jettent dans la mer ne pouvant pousser au large la vase qu'elles charrient, cette vase tombe immédiatement au fond et barre l'embranchement à son débouché dans la mer. Il en résulte que, quand un petit fleuve ou un petit embranchement de grand fleuve aux eaux bour-

beuses n'a qu'une faible masse, on ne peut espérer le voir se frayer une voie à une grande profondeur. L'encombrement est encore plus prompt lorsque l'action des ondes se combine avec celle d'un courant littoral qui traîne des matières le long de la côte, et qui ne peut être efficacement vaincu par un courant du fleuve toujours trop faible, dans les différents états de ses eaux.

Mais ces phénomènes qu'on observe dans les divers régimes des fleuves qui débouchent librement et d'une manière désordonnée dans la mer, changent radicalement, quand le cours de ces fleuves est assujetti à un régime sûr et stable par des digues prolongées dans la mer au delà des barres. Alors l'action des eaux étant contenue dans une section plus limitée, conserve la vitesse primitive, et contribue, à l'époque des grandes crues, à détruire la barre et à maintenir le passage profond. Plus cette barre créée par le fleuve dans sa course désordonnée se trouvera en avant, plus sera grande la déclivité du fond de la mer qui se trouve devant elle; et ainsi cette barre se rapprochera des plus grandes profondeurs de la mer elle-même. C'est pourquoi, quand on aura prolongé ces digues jusqu'au point où cette profondeur est notablement plus grande que celle

qu'exige une bonne navigation, on aura obtenu un effet bien plus durable que celui qu'on aurait atteint en réglant le débouché d'un canal d'une portée moindre, et qui aurait par conséquent sa barre moins élevée et plus près de la plage.

Il faut ajouter qu'avec l'endiguement du fleuve de préférence, on peut se ménager un grand avantage : c'est que quand, par la suite des temps, le renouvellement inévitable des dépôts se sera effectué devant l'embouchure jadis régularisée, on se débarrassera de ces dépôts par un prolongement de digues moindre que si de prime-abord elles avaient été déjà poussées jusqu'à un point où la déclivité du fond de la mer est plus rapide.

Cet avantage est manifeste dans un travail d'une aussi grande importance, pour le commerce de l'Europe entière, que celui de la régularisation des bouches du Danube; et il paraît tout à fait hors de doute que pour atteindre le but, il ne faut pas songer seulement à obtenir des effets passagers, mais qu'il faut au contraire constituer un système durable, pour lequel on ne doit pas hésiter à préférer le bras du Danube qui se prêtera le mieux à ce grand résultat, quoiqu'il exige des dépenses plus considérables.

De ce principe, découle cette conséquence que,

quand il s'agit de choisir entre les divers embranchements par lesquels un fleuve se jette dans la mer, le bras le plus convenable pour être assujetti à une régularisation et à un régime stables, ce ne sera peut-être pas celui qui contient la plus grande quantité d'eau ni celui qui en contient la plus petite; ce sera l'embranchement qui aura une portée suffisante pour maintenir le canal régularisé à l'embouchure, et qui en même temps offrira sur tout son cours une profondeur et une largeur qui rendent la navigation permanente et sûre.

Passons à une autre considération.

Quand un grand fleuve se subdivise en plusieurs embranchements avant de se jeter à la mer, les deux bras extrêmes, c'est-à-dire ceux entre lesquels est compris tout le delta que le fleuve s'est formé par ses alluvions, sont les seuls bras qui aient un caractère de permanence et de stabilité, tant pour la direction du courant que pour la masse des eaux. Ce phénomène a lieu principalement, s'il arrive que ces deux embranchements extrêmes soient contenus du côté du territoire contigu par des bords élevés et consistants. Au contraire, les bras intermédiaires, c'est-à-dire ceux qui traversent le milieu du delta, sont incertains et variables, tant dans leur direction que dans

leur largeur et leur profondeur. Ils sont sujets à des déviations et à des changements d'autant plus grands, que le terrain d'alluvion dans lequel ils s'étaient ouvert leur lit primitif se trouve de chaque côté plus déprimé et moins consistant.

Ce phénomène, qui se vérifie à l'embouchure des grands fleuves, se renouvelle continuellement du grand au petit dans les torrents qui, sortant des vallées, débouchent dans le cours d'eau qui descend de la vallée principale. Ces torrents, à leur sortie des vallées étroites, produisent ce qu'on appelle le cône de déjection; et après l'avoir formé avec les matières transportées de plus haut, ils le sillonnent, à l'époque des crues, par plusieurs canaux dans diverses directions. Mais quand les embranchements latéraux qui embrassent tout le cône de déjection sont arrivés à toucher des bords solides ou rocheux, on peut être certain que le cours ordinaire du torrent se divise entre eux deux, et qu'il s'y maintient en permanence, dans quelque état que se trouvent ses eaux, tandis que les petits bras intermédiaires, changeant à chaque crue, cessent et se reproduisent en diverses directions.

En nous fondant sur ces faits, nous pouvons donc établir en thèse générale, et comme un principe in-

dubitable, que, quand on se décide à construire des ouvrages dispendieux pour régler le débouché d'un grand fleuve, il faut toujours préférer l'un ou l'autre des deux embranchements extrêmes, et ne jamais prendre un des bras intermédiaires, à cours incertain, qu'il se sera ouverts à travers le milieu du delta.

Ces prémisses que je viens d'exposer me paraissent pouvoir aplanir la voie qui conduit à la solution du problème proposé, c'est-à-dire le choix du bras du Danube par lequel on peut espérer de procurer à la navigation une route plus facile et plus sûre.

§ II.

BRAS DU KILIA.

L'embranchement de Kilia, soit par sa direction, soit pour la quantité de ses eaux, environ les deux tiers de celles du Danube entier, pourrait plutôt être considéré comme la continuation de ce grand fleuve, qui descend réuni de Galatz jusqu'à Ichatal, treize milles au-dessous de Isaktcha. Le Kilia conserve une grande profondeur et une grande largeur, qui le rendent très-favorable à la navigation, soit en remontant, soit en descendant, sur presque tout son parcours, c'est-à-dire jusqu'à Wilkovo, à la distance de quatre milles de la mer. Il est vrai qu'avant d'arriver à ce point, il se divise en plusieurs embranchements; mais ces bras secondaires sont d'une telle importance qu'ils permettent toujours une bonne navigation. Il ne paraît pas d'ailleurs que

la dérivation du Kilia, près de Ichatal, soit telle qu'elle puisse opposer un obstacle trop grave ni exiger des travaux d'une trop grande importance.

Un autre avantage remarquable du Kilia, c'est que, sur la gauche, il coule le long d'un bord élevé, et qu'il baigne un territoire fertile et susceptible d'une grande prospérité.

Pour ces raisons, on ne peut douter que le bras du Kilia ne soit préférable à tout autre, considéré en lui-même et indépendamment de sa communication avec la mer.

Mais arrivé à Wilkovo, où se réunissent tous les embranchements entre lesquels il s'était divisé pendant un long trajet, ces conditions changent tout à fait d'aspect. Le Kilia se divise alors en huit embranchements plus ou moins abondants, mais qui tous, dans leur état actuel, sont peu propices à une bonne navigation; et il entre dans la mer par des embouchures plus ou moins obstruées de bancs de sable très-étendus, dans lesquels le passage le plus profond, qui répond au bras d'Ortchakof, n'a pas plus de quatre pieds d'eau. Ajoutez que les bancs qui sont devant ses embouchures sont d'une vaste étendue, soit à cause de la grande quantité de matières apportées par le fleuve en proportion de la masse de

ses eaux; soit par l'action des courants maritimes, qui, comme nous l'avons fait observer plus haut, y transportent une quantité plus grande de sable, le long de la côte supérieure, et, heurtés par le fleuve, les déposent devant les bouches; soit enfin par les lames du fond, très-efficaces à cause de la direction des vents dominants.

Ces diverses circonstances démontrent clairement que l'œuvre de la régularisation de l'embouchure du Kilia serait une entreprise trop colossale. Elle aurait en outre cet inconvénient encore plus grave, qu'on y verrait en peu de temps diminuer et se perdre les effets obtenus, à cause de la persistance des causes qui viennent d'être indiquées, et qui ont amené, pour l'embouchure de ce bras dans la mer, la fâcheuse condition où il se trouve présentement.

Mais admettons qu'on voulût entreprendre un ouvrage aussi dispendieux, et même qu'on eût l'espoir fondé d'y réussir immédiatement et de le maintenir par le prolongement successif des digues de régularisation; on serait encore bien loin d'avoir obtenu le résultat auquel on tend, je veux dire de procurer la plus grande facilité possible à la navigation maritime, soit à la remonte, soit à la descente du Danube. Les bâtiments qui, après avoir

traversé le Bosphore, devraient remonter jusqu'à l'embouchure de ce canal, seraient contrariés par les courants maritimes. Ils seraient de plus exposés à l'action des vents du nord à l'est; ces vents les pousseraient contre les bancs de sable qui s'étendent devant la côte, où l'on ne rencontre aucun abri, depuis Saint-Georges jusqu'au débouché du canal de Kilia, c'est-à-dire pendant un trajet de 35 milles marins. L'entrée du canal serait donc très-pénible; mais la sortie ne serait pas plus facile, puisqu'elle serait encore plus directement contrariée par les vents dominant sur ce littoral.

M. Nobiling, en donnant une plus juste importance aux excellentes conditions qu'offre le bras de Kilia au-dessus de Wilkovo, et en ayant le désir d'être favorable au pays adjacent sur la gauche, et spécialement à la ville d'Ismaïl, a fait de diligentes études sur la possibilité de régulariser le fleuve de Wilkovo à la mer; et il a été amené à cette conclusion qu'on pourrait en effet le rendre navigable même près de la mer, soit en y établissant une bonne embouchure, soit en utilisant le bras actuel de Stamboul, soit par un nouveau canal qui le remplacerait, soit enfin, comme M. Nobiling le propose en dernière analyse, en donnant la préférence à l'embranche-

ment d'Ortchakof. Mais les travaux indispensables pour régulariser le canal, à partir des bancs de sable de Wilkovo jusqu'à l'embouchure dans la mer, seraient en si grand nombre et si considérables, la dépense et le temps qu'ils exigeraient seraient si grands, qu'il ne peut subsister aucun doute sur l'impossibilité de ce projet. On doit, en outre, considérer qu'il ne favoriserait en réalité que la navigation d'Odessa, de la mer d'Azof et des autres échelles septentrionales et orientales de la mer Noire. On s'en convaincra encore davantage, si l'on réfléchit que le commerce de ces places avec les pays riverains du Danube supérieur et inférieur n'a qu'une très-faible importance en comparaison de l'immense commerce qui prend la voie du Bosphore, soit pour entrer dans le Danube, soit pour descendre vers Constantinople et l'Archipel.

On a le désir de conserver à Ismaïl, et aux pays voisins dont les routes convergent dans cette ville, une communication facile avec la mer Noire et avec le Danube. Ce désir est plausible; mais il ne peut cependant, en face de tant et de si grands intérêts, justifier la préférence à accorder au bras de Kilia sur les autres embranchements danubiens.

Il ne me paraît pas non plus que ce désir puisse

faire accepter une autre proposition de M. Nobiling. Cette proposition consisterait à profiter des ramifications secondaires de Changa et de Papadia, et à ouvrir, entre le Soulina et le Kilia, une communication qui procurerait précisément à Ismaïl une route navigable vers la mer Noire, outre celle qui lui resterait en remontant le Kilia même vers Galatz et le Danube supérieur.

La régularisation de ces deux embranchements secondaires, qui se détachent le premier de la droite du Kilia, et le second de la gauche du Soulina, serait un ouvrage de bien plus longue haleine que ne paraît le croire M. Nobiling. Outre la nécessité d'élargir, de rectifier et d'approfondir le canal régularisé et d'en assurer l'entrée et la sortie, il faudrait, dans cette hypothèse, en établir solidement et invariablement les bords. Autrement cet embranchement régularisé, sujet comme il le serait à toutes les variations que subit un canal qui traverse une alluvion basse et instable, ne tarderait pas à perdre les bonnes conditions de navigation qu'on lui aurait primitivement procurées à grands frais.

En supposant que la ville d'Ismaïl puisse se relever de l'état de décadence où elle se trouve aujourd'hui, et renaître à cette prospérité que peuvent

lui promettre son heureuse position et la fertilité des pays environnants, il me semble que tout ce qu'on peut raisonnablement obtenir en sa faveur, c'est qu'on améliore ses établissements de ports et de plages et qu'on facilite l'entrée du Kilia près de Ichatal. En effet, bien que le parcours soit plus long, ce serait toujours assurer à Ismaïl une navigation certaine, non-seulement avec le Danube mais aussi avec la mer Noire, par le moyen du bras de Toultcha, et successivement par celui des deux autres bras inférieurs qui serait préféré pour la régularisation définitive. C'est là un avantage qu'Ismaïl n'a jamais possédé, et qu'elle ne pourrait avoir par les embouchures obstruées du Kilia, qu'on ne peut guère se flatter de régulariser solidement.

Les considérations qui viennent d'être exposées me paraissent démontrer qu'il faut exclure d'une manière absolue l'idée du canal latéral du Kilia sur la gauche, et qu'il convient, au contraire, de profiter de l'un des deux embranchements entre lesquels se divisent le bras droit, qui court pendant 5 milles, de Ichatal à Toultcha, pour se jeter dans la mer : je veux dire, ou l'embranchement central de Soulina, ou l'embranchement latéral de Saint-Georges sur la droite.

§ III.

BRAS DE SOULINA.

L'embranchement de Soulina se détache de celui de Saint-Georges, sur la gauche, à 6 milles au-dessous de Toultcha, et à 11 milles de Ichatal. Il descend au milieu du grand delta compris entre le Saint-Georges et le Kilia, pour se jeter à la mer après un cours de 52 milles. Sa masse n'est que des $\frac{2}{27}$ de la masse totale du Danube réuni; sa largeur varie en général de 100 à 200 mètres.

Il est vicié par des coudes continuels et très-rudes, en commençant par celui de sa bouche de dérivation, qui fait prendre au courant une direction presque entièrement à rebours, en sortant du Saint-Georges. Sa profondeur est très-incertaine et très-changeante, principalement devant les angles les plus aigus, où le fond navigable se rétrécit souvent de telle façon

que deux bâtiments n'y peuvent plus passer librement côte à côte. Il est très-encombré de bancs de sable depuis son embouchure. On en rencontre continuellement le long de son cours de plus ou moins considérables, et entre autres ceux qui sont appelés les Argagni. Ces bancs proviennent évidemment de ce que la largeur du canal dans les points où ils se forment est trop grande relativement au petit volume d'eau qui y passe. Les bancs des Argagni sont peut-être augmentés aussi par la vicieuse ramification appelée Papadia, qui caractérise le canal sur sa gauche; et ce n'est qu'après avoir traversé huit bas-fonds que le canal s'achemine à son embouchure, avec une profondeur et une régularité suffisantes pour la navigation qui s'y pratique actuellement.

Tous ces inconvénients qui s'accumulent dans le canal de Soulina, en rendent très-pénible la navigation sur la plus grande partie de son cours. Les bâtiments sont contraints à de pénibles et lentes manœuvres, et les mariniers sont obligés de descendre à terre pour haler leurs bateaux à la corde sur des pieux plantés expressément pour cet usage. La remorque par la vapeur, bien que possible, ne saurait être appliquée, parce qu'un remorqueur ne

pourrait tirer les bâtiments qu'un à un et moyennant un tarif exorbitant. La meilleure preuve de ces difficultés énormes et des dangers et avaries qu'elles occasionnent, c'est le nombre effrayant des carcasses de bâtiments submergés qu'on rencontre çà et là le long du fleuve, et qui ajoutent un nouvel obstacle aux nombreux obstacles que nous avons déjà signalés comme inhérents à la nature même de ce cours d'eau.

Dans l'état actuel des choses, les inconvénients du canal de Soulina sont tels qu'il est impossible aux bâtiments de les franchir à charge complète. Non-seulement ils sont forcés de s'alléger d'une partie de leur cargaison avant de passer la barre pour la reprendre au large; mais ils doivent se soumettre encore à cette opération sur d'autres points antérieurs du canal. Il est facile de s'imaginer à quelles dépenses, à quelles avaries, à quels vols, à quelles lenteurs, et finalement à quelles pertes sont exposés les bâtiments qui descendent chargés.

Pour apporter un remède efficace à de si graves inconvénients, il faudrait avant tout rectifier les coudes nombreux et aigus, en commençant par celui qui, comme nous l'avons dit, rend le canal

défectueux dès son entrée. Pour les régulariser d'une manière complète, il faudrait ouvrir de nouveaux lits, sinon de toute la largeur du canal, au moins de la largeur voulue pour permettre à deux bâtiments de passer de front. Il faudrait aussi leur donner toute la profondeur nécessaire pour que les bâtiments pussent y avoir tout leur tirant d'eau. Dans les derniers troncs où le courant est très-faible, et où les crues se déversent indéfiniment dans les marais voisins, on espérerait vainement que le fleuve se creusât par lui-même la profondeur indispensable; tout ce qu'on pourrait espérer, c'est qu'il élargît la section de la tranchée artificielle qu'on aurait réduite, en la pratiquant, aux plus strictes dimensions.

Ajoutons que, pendant qu'on procéderait préalablement à ouvrir un canal pour un nouveau lit qui pût suffire à la navigation immédiate, on risquerait d'aboutir à cette désastreuse conséquence que, la quantité d'eau du vieux canal tortueux étant diminuée, le passage des vaisseaux devînt impossible dans l'un comme dans l'autre canal.

Outre cette opération dispendieuse, lente, et d'un résultat incertain pour les coupures et la rectifica-

tion des coudes, il faut encore compter les difficultés qui viennent de la section même du canal, là où sa trop grande largeur détermine les bas-fonds dont il a été parlé.

Toutes ces rectifications et ces redressements de sections ne suffiraient pas pour atteindre un résultat durable. Nous rappelons ici ce que nous avons dit dans les Considérations générales, et nous répétons que les branches qui traversent le milieu de l'alluvion formant le delta d'un grand fleuve, sont par leur nature trop variables et trop incertaines pour qu'on puisse les utiliser. Elles sont sujettes à de continuels changements, et par la suite du temps, elles donnent naissance à des ramifications secondaires défectueuses. Il peut en outre s'y jeter d'autres bras qui en altéreraient le régime et l'économie, et l'on ne pourrait conjurer ce danger qu'en établissant les rives artificiellement sur toute la longueur.

Tel est précisément le cas du Soulina. Personne ne pourrait garantir que, même après en avoir amélioré l'embouchure, rectifié ses principaux coudes, et enlevé les bancs de sable dont il est actuellement encombré, il ne serait pas endommagé sur d'autres points par les eaux provenant des bras

latéraux, ou qu'il ne donnerait pas naissance à de nouvelles branches qui l'appauvriraient de ses propres eaux. Enfin, par suite de la corrosion des bords nouveaux, on pourrait voir se renouveler en d'autres endroits l'inconvénient des coudes aigus et des trop amples sections. Même ces inconvénients se réaliseraient d'autant plus facilement que le défaut principal du Soulina est de parcourir une alluvion très-fine et très-mouvante.

Ainsi donc, pour obtenir un succès certain et permanent dans la régularisation du canal Soulina, on ne pourrait se borner à en établir d'une manière immuable les bords en différents points; il faudrait en outre étendre ce travail sur toute la longueur du canal, jusqu'à l'entrée vers Toultcha, c'est-à-dire sur une longueur de 50 milles et plus pour l'une et l'autre rive.

Si en dépit de conditions aussi désavantageuses, le canal de Soulina est cependant le seul qui soit actuellement praticable et qui soit fréquenté par la navigation, on doit l'attribuer à ce que le banc de sable qui traverse son embouchure présente un passage de quatre pieds plus profond que celui qui se trouve devant le canal Saint-Georges, et de six pieds plus profond que ceux d'Ortchakof et

de Stamboul, les deux plus profondes embouchures par lesquelles l'embranchement du Kilia se jette dans la mer.

Mais pour que cet avantage pût faire donner la préférence au Soulina, comme embouchure régulière et stable du Danube en mer, il serait nécessaire de prouver qu'une telle opération appliquée au Soulina offre une facilité et une économie assez grandes pour compenser toutes les difficultés qu'il faudrait surmonter dans la régularisation du canal. Or c'est ce qui me paraît être loin de la vérité.

Quoique l'embouchure du Soulina soit, comme nous l'avons dit, de quelques pieds plus profonde que les autres embouchures du Danube, il se trouve cependant encore que, par suite des variations des saisons et des crues plus ou moins fortes du Danube, d'une année à l'autre, le Soulina manque parfois de quatre à six pieds d'eau pour atteindre la profondeur qui assurerait le libre passage des bâtiments à charge complète. Conquérir cette profondeur nécessaire par des travaux d'excavation artificielle, c'est bien difficile à espérer. On en a eu la preuve dans tous les fleuves où l'on a essayé d'un pareil remède. Les renseignements que donne M. Hartley, dans ses Mémoires déjà cités, sur les tentatives faites pour

rectifier et creuser le passage de Soulina avec des dragues et avec des grappins, démontrent assez l'insuffisance et le résultat précaire et éphémère de ce procédé, précisément dans ce cas spécial. Nous pouvons donc nous dispenser de nous en occuper plus longuement. Je crois, en outre, que l'emploi proposé d'un cylindre armé de pelles, qui, traîné par un bateau, soulèverait les matières et les pousserait plus au large, ne serait pas un système dont on pût attendre un succès plus complet et mieux assuré. Ces procédés ne peuvent être employés avec efficacité que pour apporter à la navigation quelque amélioration temporaire, lorsque l'embouchure se trouve accidentellement encombrée par suite de quelque variation du fleuve, ou par suite de tempêtes survenues pendant l'exécution des grands travaux de régularisation.

Puisqu'il est nécessaire en tous cas de recourir à ces grands travaux, je ne crois pas, généralement parlant, qu'en les appliquant à une embouchure qui dans son état naturel se maintient de quelques pieds plus profonde, on puisse espérer réussir avec plus de promptitude et avec une plus grande économie. C'est principalement impossible si, comme je l'ai déjà fait observer, on a égard non-seulement

à l'exécution des travaux primitifs, mais encore aux travaux nécessaires pour la conservation du système, c'est-à-dire en dernière analyse, au prolongement des digues entre lesquelles on resserrera le canal de l'embouchure.

Cette réflexion peut précisément s'appliquer au cas que nous discutons. Autant que me l'a permis ma complète cécité, j'ai tâché d'apprécier les excellents relevés de M. le capitaine Spratt, ainsi que les rapports de M. l'ingénieur en chef Hartley, qui a pu les utiliser, et les mémoires que M. Nobiling, directeur des travaux du Rhin, avait rédigés avant les travaux de MM. Spratt et Hartley. Il me semble pouvoir conclure de cet examen que, si les ouvrages projetés pour la régularisation de l'embouchure du Soulina sont notablement moins étendus, et s'ils exigent un temps moindre et une dépense plus petite que les ouvrages projetés pour la régularisation de l'embouchure de Saint-Georges, on peut pourtant présager que l'effet des premiers sera moins durable que celui des seconds. Ainsi, les ouvrages du Soulina exigeront de nouveaux travaux et des dépenses nouvelles, après une période d'années plus courte. Cela tient aux causes dont nous avons signalé l'importance dans nos Considérations générales, c'est-

à-dire que les têtes des digues du Soulina, poussées jusqu'à la même profondeur en mer, trouveront devant elles le fond disposé en pente plus douce, et qu'elles seront plus éloignées des grandes profondeurs que ne le seraient les têtes des digues qui régleraient le Saint-Georges.

Il ne faut pas d'ailleurs oublier que le canal de l'embouchure, une fois réglé, c'est-à-dire renfermé entre des digues stables, devra avoir une largeur proportionnée à sa masse. Supposez que le canal du Soulina doive conserver la même profondeur et la même vitesse que celui de Saint-Georges, on ne pourra donner au premier qu'une largeur égale au quart de celle du second, parce que son volume d'eau n'est que le quart. On voit donc qu'il y a un plus grand avantage pour la navigation dans la régularisation du Saint-Georges. Le Saint-Georges procurera, depuis sa première entrée dans la mer, un ample canal, tandis que le Soulina, pour être régularisé convenablement, devrait, à mon avis, être réduit à une section trop étroite.

Il est vrai que M. Nobiling, frappé sans doute de cette dernière considération, proposerait à l'origine du canal Soulina des travaux destinés à lui ménager une plus grande quantité d'eau. Mais quand on

réfléchit que naturellement le Danube, en descendant d'Ichatal, tend à se jeter contre la rive droite du Saint-Georges, en s'appuyant à la hauteur de Toultcha, et peu après au pied des versants des collines de Besh-Tépéh, qui s'élèvent sur la même rive droite, tendance qui s'accroîtra par la destruction du bas-fond de roche qui est à la hauteur de Toultcha, on se convaincra sans peine que vouloir procurer sur la gauche une plus grande dérivation du Saint-Georges pour grossir le Soulina, ce serait entreprendre un travail ardu et d'un succès douteux; et qu'au contraire il pourrait très-probablement arriver que les améliorations obtenues à l'origine du Saint-Georges rendissent le Soulina toujours de plus en plus pauvre.

En résumé, je ne crois pas qu'on doive tenir compte de la moindre longueur du canal de Soulina comparé à celui de Saint-Georges. Cette économie de trajet n'est que de 12 milles sur le cours du fleuve, à partir de l'embouchure jusqu'à Ichatal. Par conséquent, même en prenant pour point de départ le marché principal de Galatz, qui se trouve en amont d'Ichatal à 45 milles, la différence se réduit à 12 milles sur 120. C'est une abréviation de peu d'importance sur le trajet non interrompu d'un

voyage de navigation. En outre, le plus grand développement du canal de Saint-Georges est largement compensé par le raccourcissement du voyage maritime, qui est réduit de 18 milles depuis le Bosphore jusqu'à son embouchure. Il serait parfaitement inutile de tenir compte de cette différence si le voyage se faisait en pleine mer et par une mer sûre; mais le voyage devant au contraire avoir lieu sous l'action des vents dominants, qui poussent les bâtiments contre une côte semée de bancs de sable et sans abri, il devient difficile et périlleux; et l'abréviation de la route, toute faible qu'elle est, vaut la peine qu'on s'en occupe.

Après toutes les considérations qui précèdent, il me semble que, si l'on persistait à vouloir préférer l'embranchement de Soulina comme le plus convenable pour une régularisation stable, ce ne pourrait être que par le désir de conserver les intérêts qui y sont actuellement engagés. On y tiendrait principalement peut-être à cause de la position de Soulina, qui se trouve sur cet embranchement; car Soulina compte une population de 3,000 âmes, la moitié environ de celle qui se trouve répandue sur la surface de l'ample delta, qui n'a pas moins de 1,000 milles carrés. Cette population n'a d'autres

ressources, il est vrai, que la navigation; mais il faut dire aussi qu'elle ne tire sa prospérité que des inconvénients et même des abus qu'engendrent les graves obstacles que cette navigation rencontre.

§ IV.

BRAS DE SAINT-GEORGES.

En descendant d'Ichatal, et après avoir doublé la pointe de Toultcha, on entre dans le canal de Saint-Georges. Ce canal, jusqu'au point où le Soulina se détache sur la gauche, porte les 10/27mes de la masse entière du Danube; et au-dessous de cette déviation, il en conserve encore les 8/27mes jusqu'à la mer. La portée du Soulina, comme nous l'avons dit, n'est que de 2/27mes. On ne tient pas compte de la petite diversion occasionnée par le Donavitza, qui se jette séparément dans la mer par un canal presque perdu, et qu'on pourrait, si on le voulait, intercepter assez facilement.

De cette disposition naturelle des choses, il résulte que le canal de Saint-Georges conserve une bien plus grande largeur et un cours meilleur, plus pro-

fond et plus constant, que le Soulina. Il court en ligne droite pendant 12 milles sud-est, avec une largeur de 460 à 500 mètres, s'appuyant sur la droite aux collines de Besh-Tépéh. A partir de ces 12 milles, se rencontre la partie sinueuse, mais qui ne l'est pas au point d'empêcher une bonne navigation, la largeur et la profondeur étant toujours suffisantes et presque uniformes. Cette partie centrale continue ainsi jusqu'à la distance de 42 milles de Toultcha, c'est-à-dire jusqu'au village de Galinovak. Là elle se développe par la courbe la plus prononcée et la plus aiguë qui soit sur tout son parcours; puis, plus loin, le Saint-Georges reprend son cours régulier jusqu'à l'île supérieure d'Olinka, où il se divise en deux branches, qui se jettent dans la mer. C'est à cette séparation qu'on peut, ce me semble, attribuer en grande partie son défaut de profondeur à l'embouchure.

Quoique, d'après ce que nous avons dit, les contours qui signalent le cours du Saint-Georges dans sa partie centrale soient nombreux, et que notamment le coude qui se trouve en aval de Galinovak soit très-étendu et très-prononcé, cependant on y peut toujours naviguer librement et avec sûreté, quel que soit l'état des eaux du fleuve,

parce que le canal est très-large et que sa section se maintient à une grande profondeur sur une grande largeur, même dans les coudes les plus aigus. De cette façon, non-seulement la navigation des bâtiments isolés peut y être libre, mais encore celle des bâtiments même nombreux marchant de conserve, remorqués par un puissant remorqueur à vapeur.

Cette condition est une des principales qui doivent faire préférer le Saint-Georges au Soulina. En effet, dans le Soulina, comme nous l'avons déjà dit, le canal se resserre et sa section navigable au-devant de la saillie des coudes étant réduite à de trop petites dimensions, la navigation autour de ces points et dans certains états des eaux devient impossible, ou du moins en tout temps très-pénible. Il n'est pas nécessaire d'avoir recours ici à d'autres considérations abstraites. Le fait est hors de doute, puisque le canal de Saint-Georges est reconnu praticable par les navigateurs, tant à la remonte qu'à la descente, avec un chargement complet, même en courant des bordées par un mauvais vent, tandis qu'au contraire les difficultés de la navigation du Soulina sont constamment très-grandes dans un état quelconque de ses eaux, et qu'elles sont insurmontables pendant de nombreuses et longues périodes.

En un mot, pendant que la régularisation des tournants du Soulina serait un travail d'absolue et urgente nécessité, le canal de Saint-Georges, si l'on en excepte les difficultés de l'embouchure à la mer, et celles que présente à son origine le banc rocheux de Toultcha, serait, sans autre amélioration, propre a une bonne navigation. Les rectifications de ses tournants, et spécialement du plus grand, déjà nommé, près de Galinovak, se réduiraient à des travaux successifs, pour en améliorer avec le temps les conditions actuelles déjà favorables à la navigation; mais ces rectifications ne sont point absolument nécessaires, et encore moins urgentes.

Un autre avantage essentiel du canal de Saint-Georges est celui que nous avons signalé dans les Considérations générales, et qui est propre aux deux bras extrêmes d'un grand fleuve qui par ses alluvions engendre entre eux un vaste delta. Cet avantage consiste en ce que le Saint-Georges s'appuie sur la droite à un bord solide et élevé, et se crée plus facilement, en raison de la permanence de son cours, un rivage meilleur du côté opposé. En effet, de la description qu'en font MM. les ingénieurs autrichiens Wex et Pasetti, qui certainement ont une plus grande facilité que personne de bien connaître

les lieux, il résulte que les rivages du Saint-Georges sont en majeure partie élevés, cultivés ou cultivables, et habités çà et là par quelques populations; ils comportent donc facilement la formation de chaussées et la fondation d'établissements qui favorisent la navigation et le commerce. Cette bonne condition des rivages est encore accrue par la plus grande salubrité qui y règne, surtout si on les compare aux rives du Soulina, qui, entourées toutes deux d'étangs et de marais, sont, pendant la plus grande partie de l'année, malsaines et inhabitables.

On le voit donc : dans le canal de Saint-Georges, les seuls obstacles à surmonter pour obtenir une complète régularisation, sont ceux qui se présentent à sa naissance et à son embouchure dans la mer.

Les premiers proviennent d'un vaste banc de roches, en partie caché sous l'eau, qui, se détachant de la rive droite entre la montagne de Toultcha et la naissance de la chaîne montueuse de Besh-Tépéh, s'avance au loin dans le fleuve, et y engendre des brisants et des tourbillons tels que, quand les vents sont contraires, ils rendent le passage impossible ou trop dangereux, sans le secours de marins experts et de pilotes habiles.

Il est certain que pour ramener à un bon système

la navigation du Saint-Georges, il est nécessaire de détruire le banc dont je viens de parler, ou de régler le canal de manière à pouvoir l'éviter. Il est utile d'observer ici que, tout en excluant d'un commun accord le premier et principal embranchement du Kilia, il n'en faudra pas moins effectuer le travail qui vient d'être indiqué pour le banc de Toultcha, soit qu'on donne la préférence à l'embranchement de Saint-Georges, soit qu'on s'en tienne à celui de Soulina.

Quant à la régularisation de l'embouchure, on ne peut certainement pas nier qu'actuellement la principale barre ne soit plus élevée devant l'embouchure du Saint-Georges que devant celle du Soulina. Mais comme il est prouvé que les excavations avec les dragues ou par d'autres moyens quelconques sont insuffisantes, et qu'il est nécessaire, pour rétrécir et régler le canal, de construire des digues insubmersibles, il s'ensuit que cette plus grande hauteur de la barre n'est pas un argument qui puisse faire négliger le Saint-Georges pour le Soulina, puisque ces digues contraindront le fleuve à se créer par son courant et à se conserver cette profondeur qui convient au volume de ses eaux. Ce résultat peut être obtenu avec d'autant plus de facilité et de promptitude que,

d'après ce que nous font connaître les ingénieurs autrichiens, l'ensablement élevé et étendu qui existe devant le Saint-Georges n'est pas de vieille date. Au commencement de ce siècle, ce canal et son embouchure étaient praticables à la navigation et formaient le passage principal du Danube, et c'est seulement depuis que les alluvions postérieures l'ont obstrué à son embouchure qu'il s'est divisé en plusieurs bras, et qu'on a adopté le canal et l'embouchure du Soulina comme route principale accessible à la navigation. Maintenant il est clair que, quand à l'embouchure d'un fleuve il se forme un banc de sable au large, et que les atterrissements commencent sans que rien soit entrepris pour les détruire, ces atterrissements augmentent très-rapidement. Mais il est également positif qu'il est d'autant plus facile de les déblayer que leur formation est de date plus récente.

On pourrait opposer à ce système la grande extension des bancs de sable et des bas-fonds au centre desquels se trouve la plus haute barre, et qui obligent de donner aux digues plus de longueur et de recourir à d'autres travaux considérables. Mais à cet égard il ne me paraît pas qu'on puisse admettre les calculs de l'ingénieur autrichien Wex. Selon ces

calculs, l'embouchure du Saint-Georges serait préférable à celle du Soulina, par rapport à l'économie de la dépense. Tout au contraire, il me semble que M. Nobiling a trop élevé les dépenses relatives au Saint-Georges, et qu'il a trop réduit celles du Soulina, faisant ainsi une trop grande différence au préjudice du Saint-Georges. En cette matière, M. Hartley, qui a pu établir ses évaluations sur des études et des travaux géodésiques plus détaillés et plus sûrs, est celui qui a présenté le rapport le plus impartial et le plus juste, en estimant à 24 millions la dépense pour la régularisation du Saint-Georges, et à 17 millions environ celle du Soulina. S'il y avait des modifications à introduire dans ces calculs, je crois qu'elles seraient au préjudice du Soulina, parce que peut-être M. Hartley n'a pas suffisamment tenu compte de deux circonstances. La première, c'est que, selon ce que nous avons dit plus haut, pour assurer au canal du Soulina une longue durée, on ne doit pas se borner à rectifier et à consolider les bords, là où seront coupés les coudes et où existent des bancs de sable, mais qu'il faut en outre effectuer ce travail tout le long du canal. La deuxième circonstance, c'est que, pour les matériaux de construction provenant de Toultcha et des monts voi-

sins, ou d'autres gîtes plus haut sur le cours du Danube, le transport serait bien plus difficile, plus pénible et plus lent dans le Soulina, surtout si l'on désirait conserver la navigation commerciale pendant les travaux, qu'il ne le serait sur le large et profond Saint-Georges, où le transport de ces matériaux ne serait en rien gêné par le passage des bâtiments marchands.

En outre, comme on ne doit pas seulement penser au premier succès, mais aussi à la conservation du système, il ne faut pas oublier que, comme nous l'avons déjà démontré en parlant du Soulina, les digues du Saint-Georges, poussées à la même profondeur, ont devant elles une plus rapide inclinaison du fond de la mer. C'est là une circonstance qui retarderait l'époque à laquelle leur prolongement deviendrait nécessaire, et alors ce prolongement lui-même serait moindre pour produire un effet déterminé.

Enfin, il me semble que les observations des ingénieurs autrichiens, les études de M. Hartley et les relevés du capitaine Spratt, mettent hors de doute que, sur les bords du Saint-Georges, à son embouchure, on trouve une plus grande commodité et facilité pour la création de tous les édifices de dé-

barquement, de dépôt et d'habitation, qui devront s'y élever quand la navigation aura pris cette voie.

Le concours de ces diverses circonstances dissipe tous les doutes qui peuvent s'élever sur la préférence à donner au canal de Saint-Georges, lors même que son embouchure ne se trouverait pas dans de meilleures conditions que les autres, pour favoriser l'entrée et la sortie des bâtiments.

Mais la vérité de la conclusion à laquelle nous avons été amené sera encore plus manifeste, si l'on se rappelle que le choix du canal de Saint-Georges abrége de 18 milles, par rapport à celui de Soulina, la longueur du trajet par mer à partir du Bosphore, et que les navires peuvent suivre une côte dont le rentrant leur permet de naviguer même avec un fort vent de traverse, sans courir le danger d'être jetés contre la terre.

§ V.

SYSTÈME DES TRAVAUX ET MODE D'EXÉCUTION.

Après tout ce qui a été exposé jusqu'ici, il serait superflu d'examiner les propositions faites pour l'embranchement du Kilia et celui de Soulina par les ingénieurs qui se sont occupés de la question actuelle; il suffit de borner notre examen aux propositions qui se rapportent au canal de Saint-Georges, dont on a démontré la supériorité.

Je commence par les travaux nécessaires pour détruire l'obstacle qui s'oppose à la navigation, et qui consiste en un banc de roches sous l'eau, qui s'avance dans le fleuve en aval de Toultcha.

J'observerai d'abord que M. Hartley propose de détruire directement ce banc au moyen de mines, et de le creuser jusqu'à la profondeur voulue pour recevoir les plus gros bâtiments de commerce à

charge entière. Voilà un premier système. L'ingénieur Nobiling, au contraire, préférerait éviter le banc en ouvrant un nouveau canal à travers l'alluvion qui s'avance de la rive gauche, et il en consoliderait les bords par de fortes jetées, afin de le contenir dans la direction qui lui serait donnée. Je ne suis pas du même avis que M. Nobiling, quand il prétend que le système de l'ingénieur Hartley est impossible, ou qu'il ne serait exécutable qu'avec d'énormes dépenses; et je me borne à dire qu'il ne faut pas perdre de vue que l'art de faire des mines sous l'eau a fait beaucoup de progrès dans ces derniers temps.

Du reste, de plus sérieuses études feront connaître le juste rapport de l'un et l'autre système, quant à la dépense et aussi quant à l'inconvénient de laisser de côté la ville de Toultcha. Cet abandon de Toultcha serait la conséquence de l'adoption du plan de M. Nobiling, à moins qu'on ne cherchât à compenser cet inconvénient par d'autres ouvrages que propose le même ingénieur, et dont la dépense, ajoutée à celle de la construction du nouveau canal, pourrait, je crois, monter à une somme de beaucoup supérieure à celle qu'exige le système de l'ingénieur anglais.

Il ne sera peut-être pas déplacé de présenter ici un projet grâce auquel la destruction du banc pourrait être plus prompte et plus facile, en supposant que, comme il résulte des descriptions qui en sont faites, ce banc soit composé d'une roche dure et compacte. Ce moyen nouveau consisterait à pratiquer, sur le rivage solide, près de la racine du banc, un puits de 6 à 7 mètres de profondeur au-dessous de l'eau du fleuve. Du fond de ce puits partirait une galerie qu'on pousserait sous le banc; on établirait ensuite, plus ou moins près de son extrémité, des fourneaux qu'on ferait sauter simultanément. La désagrégation qui en résulterait dans la masse du banc, en faciliterait beaucoup le déblayement, qui s'achèverait par de petites mines sous l'eau, et par des moyens mécaniques.

Quant à la régularisation du canal à l'embouchure, on trouve dans les trois avant-projets de MM. Wex, Nobiling et Hartley, d'excellentes indications. Mais comme ce dernier ingénieur a pu s'aider des plans plus complets et des recherches du capitaine Spratt, en y joignant les observations personnelles qu'il a faites sur les lieux avec un soin tout particulier, son projet me paraît le plus approfondi et le plus praticable. Moi, qui suis privé de la

lumière des yeux, je ne suis certainement pas à même de pouvoir en faire un examen détaillé, examen qui est réservé à la Commission, ou à la personne qui sera chargée de convertir l'avant-projet en un projet définitif pour la mise à exécution. Toutefois, je prends la liberté de présenter ici quelques considérations générales dont on fera le cas qu'elles peuvent mériter.

Il semble hors de doute que l'axe du canal de l'embouchure doit suivre la direction est-nord-est, ou du moins s'éloigner fort peu de ce rhombe de vent. Avec l'aide des plans et des sondages du capitaine Spratt, il ne sera pas difficile de déterminer précisément cet axe [1].

[1] La direction du canal d'embouchure indiquée ici me semble appuyée sur les considérations suivantes. Comme il s'agit de la navigation à l'embouchure d'un grand fleuve, les bâtiments à la sortie sont secondés par le courant, qui, spécialement en temps de hautes eaux, est assez puissant pour les pousser au large, malgré les vents défavorables. Au contraire, les bâtiments qui veulent entrer dans le fleuve trouvent un grand obstacle dans ce courant même, et ils ont, par conséquent, besoin de l'aide des vents favorables, qui, ordinairement, soufflent plus ou moins directement contre les côtes. Quoi qu'il en puisse être, cette question étant de la plus haute importance, il sera nécessaire que la Commission chargée de fixer le plan définitif des travaux, consulte à cet égard les capitaines de marine les plus expérimentés des diverses nations qui font le commerce du Bosphore au Danube, et *vice versâ*.

Quant au tracé des digues, je pense qu'il ne serait pas prudent de les disposer suivant des lignes courbes divergentes. En effet, il faut ne pas oublier que tôt ou tard on devra pourvoir à l'éventualité inévitable, quoique plus ou moins tardive, de la formation d'une nouvelle barre à l'embouchure, en dehors de ces digues. Il y aura alors nécessité de prolonger ces digues, quoiqu'à des intervalles toujours de plus en plus éloignés, à cause de la profondeur de la mer, qui augmente en général d'autant plus rapidement qu'on s'avance vers le large. La disposition de ces digues sur des lignes courbes divergentes nuirait trop sensiblement à l'effet qu'on se proposerait d'obtenir par leur prolongement sur une étendue donnée. Tout en conservant aux digues une direction rectiligne, qui convient le mieux au besoin prévu de les prolonger un jour, le cas échéant, il ne faudra pas non plus les faire diverger dans l'intention de faciliter aux bâtiments l'entrée du canal. Cette divergence tendrait à diviser le cours en deux filons appuyés de chaque côté contre les digues. On perdrait ainsi trop promptement l'effet de la concentration des eaux, et l'on permettrait au banc de sable de se renouveler, même avant l'extrémité du canal dans la mer.

Pour faciliter l'entrée des bâtiments ainsi que leur sortie, et principalement des bâtiments qui doivent, en manœuvrant à la sortie, se diriger vers le sud pour gagner le Bosphore, il conviendra d'avancer davantage la digue septentrionale conduite dans la direction de l'est-nord-est, et de tenir la digue de droite beaucoup plus courte, mais pourtant toujours parallèle à la gauche. Dans tous les cas cependant, la plus courte digue devra être prolongée dans la mer jusqu'à la profondeur de plus de 16 pieds, réputée nécessaire aux bâtiments chargés. Mais même en se bornant à la rigoureuse mesure de 16 pieds, en vue d'obtenir une médiocre économie sur la dépense primitive, on ne ferait que rapprocher, au préjudice de la navigation, l'époque à laquelle les digues devraient être prolongées.

Une autre observation importante doit être faite. Il serait bon de donner une longueur plus grande à la digue de gauche, et je conseillerais de la pousser en mer jusqu'au point où elle trouverait un fond de 27 ou 30 pieds (9 ou 10 mètres). En effet, ainsi qu'on l'a observé dans les Considérations générales, une des causes qui influeraient sur la reproduction de la barre à l'embouchure, ce sont les sables transportés par le courant littoral qui descend vers

le Bosphore. Cette cause sera d'autant plus efficace à l'embouchure du Saint-Georges, que ce canal se trouvera avoir sur sa gauche toutes les autres bouches du Danube, qui fournissent à ce courant littoral une très-grande quantité de sable, sans compter le sable descendu des autres fleuves qui se jettent dans la mer Noire, plus loin au nord. Il est donc nécessaire d'opposer une barrière très-étendue à l'invasion de ces sables, en faisant en sorte que pendant longtemps ils ne puissent s'accumuler contre le revers de la digue, et qu'ensuite ils soient poussés par le courant beaucoup plus au large, où les grandes profondeurs de la mer ne permettront pas qu'ils se déposent de manière à gêner l'embouchure du canal régularisé.

La question qui exigera la plus difficile et plus profonde étude, pour la régularisation du canal à l'embouchure du Saint-Georges, ce sera la largeur à lui donner : c'est-à-dire la distance qui devra exister entre les deux digues parallèles, afin que, sans trop gêner le régime du fleuve, on puisse imprimer au courant une force suffisante pour balayer les sables et maintenir l'embouchure du canal toujours ouverte à la navigation, pendant le laps de temps le plus long possible. Par un examen attentif des par-

ties du canal, qui offrent la section la plus étroite en même temps que la plus régulière et la plus profonde, on pourrait bien, même *à priori*, faire cette détermination. Mais je crois qu'il faudra procéder en ceci avec grande précaution, à cause des motifs que j'exposerai plus loin, en parlant de l'ordre successif d'exécution des travaux et du temps qu'on y devra employer. Lorsqu'on aura terminé la digue de gauche, et qu'on aura suffisamment observé les effets de cette digue, on pourra fixer alors la largeur à donner au canal, et déterminer la distance à laquelle la digue de droite devra être placée.

Voilà pour le tracé des travaux. Maintenant, pour ce qui est de la manière de les exécuter, après ce qu'on a dit au commencement de ce paragraphe sur la destruction du banc de Toultcha, je me bornerai aux observations suivantes; car, pour le reste, je trouve très-justes et très-rationnels les projets de M. Hartley.

Dans la construction des digues, le système le plus simple et le plus sûr est à mon avis celui des jetées libres, ou, comme on dit, à pierres perdues, sans y faire entrer de bois.

Dans la montagne de Toultcha et le long des col-

lines rocheuses qui se trouvent sur la rive droite du canal Saint-Georges, il ne paraît pas que le matériel puisse manquer, ni que les difficultés actuelles de la navigation puissent présenter des obstacles réels. D'ailleurs M. Hartley propose contre ces difficultés un remède très-convenable, et elles sont d'autant moins sérieuses qu'elles contrarieraient plutôt les bâtiments remontant à vide pour charger les pierres, qu'elles ne gêneraient à la descente les bâtiments chargés.

Du reste, on ne peut pas douter des bons effets de la préparation du bois soit avec le *creozoto*, soit avec le sulfate de cuivre, surtout quand elle est appliquée aux bois tendres. Mais nous n'avons pas d'expériences sur une série d'années assez longue pour être certain de la conservation indéfinie de ces bois, soit contre la décomposition, soit contre l'action des vers. Cependant il serait bien nécessaire d'avoir confiance dans un ouvrage qui exige une stabilité à toute épreuve. D'une autre part, il n'est pas possible de reconnaître *à priori* à quelle profondeur pourra arriver l'affouillement produit par les courants, et par conséquent à quel point il faudrait enfoncer les pieux pour en assurer la résistance. Voilà pourquoi il ne me paraît pas prudent de confier ni en

tout ni même en partie la stabilité d'une œuvre aussi importante à des constructions en bois.

Au contraire, en procédant par le simple système des jetées libres, l'expérience de tant d'ouvrages grandioses de ce genre en garantit la parfaite réussite. Les difficultés d'exécution, par rapport aux matériaux à employer, seront d'autant moindres que des blocs de grande dimension ne seront nécessaires que pour bien protéger les talus intérieurs du canal et les extrémités des digues vers la mer. Dans l'intérieur des jetées et sur les revers, on pourra employer des pierres de petite dimension, avec d'autant plus de sécurité que les courants littoraux, au lieu d'en compromettre la solidité, contribueront à l'augmenter par l'accumulation des sables qu'ils y apporteront.

Il conviendra pourtant de n'achever le couronnement supérieur des digues, qu'après avoir obtenu un tassement naturel des jetées, tel qu'on puisse les considérer comme bien assises, et quand tout au moins elles seront en des conditions telles qu'il suffise de les garnir, au pied du talus intérieur et tout autour du dernier tronc en mer, par de gros blocs jetés au fur et à mesure que les excavations iront en augmentant au pied des digues.

Ce système de travail peut être conseillé avec d'autant plus de certitude, que, aux pierres naturelles des roches de Toultcha et des collines consécutives, on pourra toujours, quoique plus difficilement à cause du transport, ajouter les gros blocs d'excellentes roches qu'on tirerait de l'île des Serpents; ces blocs seraient plus utilement employés à la protection des extrémités et de la tête des digues, qui sont exposées aux plus violents coups de mer.

Pour conclure, j'ajoute qu'en cas de besoin le béton ne fera pas certainement défaut, non plus que les pierres artificielles, soit qu'on se serve de la terre volcanique de Santorino, que les officiers du génie militaire autrichien ont employée avec succès dans les ports de l'Adriatique et dont on trouve des constructions en Grèce, imparfaites de forme, à la vérité, mais très-solides de structure; soit qu'on fasse usage des excellentes chaux hydrauliques qui ne manquent pas en Hongrie. Il faudrait les bien choisir et les bien préparer, ainsi que l'a déjà fait l'ingénieur anglais M. Clarke, dans les fondations des culées et de la pile du milieu du grand pont suspendu sur le Danube, entre Pesth et Bude.

§ VI.

DÉPENSE ET TEMPS NÉCESSAIRES POUR LES OUVRAGES STABLES DU CANAL SAINT-GEORGES, ET OPPORTUNITÉ DES TRAVAUX PROVISOIRES A SOULINA.

Il me serait impossible de donner un avis sur le montant présumable des ouvrages projetés pour la régularisation du canal de l'embouchure de Saint-Georges. D'abord, ma cécité m'empêche de comparer les calculs aux dessins des ouvrages; et ensuite, je n'ai aucune connaissanee positive des éléments d'estimation, qui dépendent totalement des conditions locales. Il me semble pourtant que les calculs de M. l'ingénieur en chef Hartley peuvent mériter toute confiance, soit à cause de l'aptitude distinguée que prouve le travail présenté par lui, soit à cause du long séjour qu'il a fait sur les lieux et des recherches diligentes auxquelles il s'y est livré. Il a eu par là

5.

l'occasion de prendre des informations exactes sur la valeur des matériaux et sur le prix de la main d'œuvre.

Du reste, je crois, relativement au coût des travaux, que l'emploi exclusif de la pierre vive, des ciments hydrauliques et des pierres artificielles, n'apportera pas une différence sensible avec ce que coûterait l'emploi du bois. Je ne crois pas non plus qu'en dirigeant l'axe du canal de l'embouchure plutôt à l'est-nord-est qu'à l'est-sud-est, cette disposition puisse influer sur le montant final du devis. Mais en admettant pour les digues un tracé parfaitement rectiligne, il est évident qu'on apportera de l'économie dans la dépense et dans la durée de l'exécution.

C'est pourquoi on est fondé à croire exact le montant total des travaux qui, selon le devis de M. Hartley, s'élève à . . . . fr. **22,024,000 »**

En ajoutant le 10 0/0 pour dépenses imprévues. . . . . **2,202,400 »**

on obtiendra le total de . . . . . . **24,226,400 »**

Il faut observer que dans cette somme se trouve compris le mon-

A reporter. . . . . fr. **24,226,400 »**

Report. . . . . fr.	24,226,400 »
tant de la rectification du grand coude qui se trouve au-dessous de Galinowack, opération certainement utile, puisqu'elle raccourcirait le canal de 3 milles et ferait éviter un trajet sinueux. Mais, ainsi que l'observe judicieusement M. Hartley, si elle est désirable, elle est cependant loin d'être nécessaire, parce que le coude dont nous parlons n'oppose aucun obstacle vraiment sérieux à la navigation. Il me semble donc que pour le moment on peut laisser les choses telles qu'elles sont, en attendant l'époque où l'accroissement du commerce pourra justifier les dépenses qu'exigerait la rectification. Mais, provisoirement, si nous retranchons du total du devis la dépense afférente, qui est de	612,000 »
le montant total se réduira à . . .	23,614,400 »

Dans ce devis, on suppose que la digue de droite et celle de gauche ne sont pas poussées en mer au delà d'une profondeur de seize pieds. Mais si, pour les raisons indiquées dans le paragraphe précédent, on doit prolonger la digue gauche jusqu'à ce que son extrémité trouve un fond de vingt-sept à trente pieds, et celle de droite un peu au delà de seize, il est évident que la dépense sera accrue; et partant, je pense qu'elle doit être portée en chiffres ronds jusqu'à 26 millions de francs, en tenant compte de l'accroissement proportionnel de dépense que causera la profondeur plus grande de la mer là où devra s'exécuter le prolongement.

Quant à la durée des travaux, je crois que les douze années entre lesquelles M. Hartley divise toute l'opération seront plus que suffisantes. Je n'hésiterais même pas à dire que, si l'on prenait de bonnes dispositions comme on le doit pour une œuvre si importante, et que l'on organisât comme il convient les chantiers, les transports et les autres moyens de mise en œuvre, les travaux pourraient être poussés avec une activité telle que neuf ou dix ans suffiraient à l'achèvement, en supposant même que ces grands préparatifs préliminaires exigeassent une année entière.

Je dois faire observer ici que je ne puis comprendre comment M. Nobiling, après avoir reconnu que la régularisation du canal Saint-Georges offrirait sûreté et stabilité plus grandes, en est venu à proposer la régularisation du Soulina, sous ce prétexte que les travaux seraient utiles à la génération présente et non point seulement aux générations à venir. Cet argument est radicalement faux, puisqu'il supposerait que la régularisation du canal Saint-Georges exigera un nombre énorme d'années, tandis qu'on peut être certain qu'en donnant aux travaux tout le développement et toute l'importance qu'ils ont dans les propositions de M. Nobiling, le temps nécessaire à l'exécution n'excéderait pas quatorze ou quinze ans. Certes, ce n'est pas renvoyer l'achèvement de l'ouvrage aux générations futures. En second lieu, quand bien même un long laps de temps serait réellement nécessaire pour exécuter tous les travaux du canal Saint-Georges, il en résulterait moins d'inconvénients pour le commerce que si l'on donnait la préférence à ceux du Soulina, quoique ces derniers fussent plus promptement réalisés. Pendant qu'on travaillera à la régularisation du premier de ces deux canaux, on conservera au commerce la même liberté d'action dont il jouit

aujourd'hui. On pourra, à l'aide de travaux provisoires et de bons règlements de police, améliorer considérablement la navigation. Au contraire, si l'on veut pousser les travaux du canal et de l'embouchure du Soulina avec la célérité que semble vouloir y mettre M. Nobiling, je crains qu'il ne soit impossible de maintenir en même temps une navigation active sur ce canal, qui est cependant actuellement le seul praticable. De tels travaux rendraient la navigation impossible; car elle est précisément plus active à l'époque même qui serait la plus propice pour l'exécution de ces travaux. C'est là, comme l'a déjà fait observer sagement plusieurs fois le commandant de l'*Authion*, le chevalier Isola, un des motifs qui rendent incontestable la préférence à donner au Saint-Georges.

Mais indépendamment des graves dommages que souffrirait la navigation, complétement ou presque complétement interrompue pendant les travaux, je crois que le temps qu'exigeraient ces travaux pour être achevés serait plus long que celui que demandent les travaux du canal Saint-Georges. Pour ce qui a rapport à la rectification nécessaire de tous les coudes et au dragage de tous les bas-fonds, les travaux du Soulina sont tels, qu'un homme pro-

fond dans son art ne pourrait jamais conseiller de les entreprendre simultanément; car il ne serait pas possible de déterminer avec précision les dispositions les plus convenables aux uns, sans avoir préalablement constaté la réussite et le résultat des autres. Aussi, comme on devrait procéder successivement dans ces travaux, ce serait là une cause nouvelle et sérieuse de retard.

Il me semble donc qu'en s'appuyant sur de justes considérations théoriques, d'ailleurs confirmées clairement par la pratique, on peut tenir pour certain que le banc de sable qui barre l'embouchure du canal Saint-Georges sera ouvert bien avant que le système entier des travaux projetés ne soit achevé. Il suffira pour cela d'élever la jetée de la digue gauche jusqu'au niveau de la mer, et de l'avoir poussée assez en avant de ce banc de sable. Dès lors le courant du fleuve, se jetant naturellement sur l'obstacle que lui oppose cette digue, établira son cours principal le long de cette digue même, avec une force qui lui ouvrira un chenal assez large et assez profond, même avant qu'il ne soit contenu par la digue de droite.

Aussi il me paraît qu'avant d'entreprendre d'autres travaux dans le canal de l'embouchure, on de-

vrait par-dessus toute autre chose pousser avec la plus grande activité les travaux de la digue de gauche. Les effets qu'elle produira fourniront également une règle plus certaine pour déterminer la grandeur du canal la plus convenable, et, par suite, la distance à laquelle on devrait établir la digue de droite[1].

[1] Je crois pouvoir appuyer ce que j'avance ici de ma propre expérience.

Il y a vingt-cinq ans, il s'agissait de régulariser l'entrée du port de Malamocco, le principal de ceux par lesquels on entre dans les lagunes de Venise.

Un banc de sable très-étendu et très-élevé en obstruait le passage vers la mer, et avait fait tourner le canal de l'embouchure à droite, selon la direction sud-sud-est; ce canal était devenu très-sinueux, peu profond et variable au milieu des sables, qui s'accumulaient de plus en plus, emportés par le courant littoral qui se dirige de gauche à droite. La régularisation que je proposai consistait en deux digues parallèles. Celle de gauche, coupant normalement le banc de sable, devait se diriger vers la mer le long de la côte, sur un trajet de 6,700 pieds environ, afin de trouver à son extrémité un fond de 8 à 9 mètres; elle était de 400 pieds environ plus longue que celle que propose M. Hartley pour le Saint-Georges. La digue de droite devait être poussée à une distance moindre pour faciliter l'entrée et la sortie des bâtiments. Le mouvement des sables étant interrompu à gauche, et le courant du canal s'établissant par l'effet des marées périodiques qui alternativement remplissent et vident les lagunes, la reproduction des bancs de sable provenant du limon d'un fleuve n'était pas à craindre. Mais cette digue droite barrait absolument le passage du port. Ce passage était unique, quoique défectueux; et partant, si l'on eût procédé à la construction de la digue de droite avant celle de la digue de gauche ou même

Cette idée de commencer par les travaux de la digue de gauche s'accorde parfaitement avec la pré-

simultanément, la navigation se serait trouvée complétement interrompue. Cette circonstance fit surgir de très-graves oppositions contre le projet, parce qu'on disait que la nouvelle embouchure dirigée à travers le banc de sable, n'aurait pu se créer une largeur et une profondeur convenables avant que les deux digues fussent terminées, et qu'en attendant il n'existerait plus de passage pour les bâtiments. Ces objections paraissaient d'autant plus fortes que, le banc de sable se trouvant très-avancé en mer, on ne pouvait espérer de pouvoir le creuser artificiellement avec des bateaux dragueurs, et quand bien même cela eût été possible, de maintenir ce passage durant un peu de temps.

Je soutenais au contraire qu'on réussirait à obtenir un premier succès, c'est-à-dire un passage direct, même avant de clore avec la digue de droite l'ancien passage défectueux, parce qu'il suffisait pour cela d'élever la jetée de la digue de gauche sur toute sa longueur au-dessus du niveau de la grande marée. Mon opinion, après quinze ans d'opposition et de controverses, finit par prévaloir, et on entreprit la construction de la digue de gauche, retardant celle de la digue de droite. A mesure qu'elle se prolongeait en mer, on reconnaissait que le courant du reflux s'y appuyait avec beaucoup d'efficacité, de telle sorte que quand elle eut traversé le banc de sable, il se forma naturellement à travers ce banc, et par l'effet du courant, une ouverture qui s'élargit et s'approfondit, si bien qu'en peu d'années elle présenta aux bâtiments un passage meilleur que celui qui avait été provisoirement conservé à l'antique embouchure. Alors il fut possible, en abandonnant le passage ancien, qui n'était plus nécessaire, de mettre la main à la construction de la digue de droite, qui était indispensable pour obtenir un plein succès, c'est-à-dire pour donner au canal de l'embouchure toute l'étendue et la profondeur nécessaires à la libre entrée et à la libre sortie des plus gros bâtiments. Ce succès est aujourd'hui complétement obtenu.

férence donnée par M. Hartley à l'embranchement de gauche du canal Saint-Georges, qui, à son embouchure, se trouve divisé en deux par l'île d'Olincka, c'est-à-dire à l'embranchement de Khedrilliasse, qui est beaucoup plus important que l'autre. Cet embranchement contient une quantité d'eau deux fois plus grande, c'est-à-dire les deux tiers de la portée totale du Saint-Georges.

Cette circonstance est un motif de plus à mes yeux pour qu'on commence non-seulement par la construction de la digue de gauche, mais encore par le barrage total du bras d'Olincka, afin de rejeter ainsi tout le Saint-Georges dans le bras de Khedrilliasse. Par là, on donnerait au courant, qui ira s'appuyer contre la digue de gauche, une plus grande efficacité; et il pourra, comme je l'ai dit, s'ouvrir par sa seule force un passage suffisant à travers le banc de sable, même avant la construction de la digue de droite.

Toutefois, comme il s'écoulera encore un certain nombre d'années avant qu'un chenal assez profond et assez sûr ne se soit ouvert à l'embouchure du Saint-Georges, il serait prudent de commencer sur-le-champ les travaux provisoires du canal et de l'embouchure du Soulina, dont, en attendant, le commerce continuerait à se servir.

A ce propos, ce que je trouve dans un mémoire de M. Nobiling mérite une attention spéciale.

Il raconte que, tout récemment, un employé de l'administration turque réussit à améliorer notablement le passage du Soulina, au moyen de deux palissades ou clayonnages qui resserraient le canal de l'embouchure, et au moyen de crochets qui soulevaient les matières du banc de sable et facilitaient ainsi leur transport au large par le courant. On ne connaît pas les conditions dans lesquelles avaient été accomplis ces travaux, ni l'importance des effets qu'on en avait obtenus. Comme on ne prit pas la peine de les entretenir, ils sont actuellement détruits. Mais les témoignages des gens de l'endroit ne laissent aucun doute sur leur efficacité. Ce fait nous démontre encore davantage la convenance de tels ouvrages provisoires. Seulement, il serait urgent de les renforcer par des travaux de fascinage et de terre extérieurement, et principalement contre la palissade du nord, afin d'empêcher que le courant littoral ne fît descendre les sables dans le canal entre les pieux, et afin qu'il contraignît au contraire les sables à s'arrêter derrière les palissades et à contribuer ainsi à les consolider. De plus, il serait nécessaire de favoriser davantage l'effet du courant en substi-

tuant aux crochets de l'employé turc des dragues à vapeur, ou tels autres engins plus puissants, destinés à soulever les sables. De cette façon, on pourrait conserver au passage de Soulina une profondeur de dix à onze pieds. Il faudrait ajouter encore à ces travaux d'autres palissades pour rétrécir le canal, là où existent les bancs des Argagni. On déblayerait aussi le banc de Toultcha, opération qu'on devrait entreprendre une des premières, parce qu'elle servirait aux deux canaux; et par là, on réussirait à apporter une remarquable amélioration à la navigation du Soulina, en attendant l'ouverture de l'embouchure du Saint-Georges.

Au reste, je pense que, quand la navigation pourra se faire par le canal Saint-Georges en abandonnant le Soulina, il conviendra de barrer ce canal par une forte traverse à fleur d'eau de l'étiage, afin d'accroître la portée et l'action du canal Saint-Georges, quand il sera renfermé entre deux digues. Le Soulina étant ainsi réduit dans les basses eaux, on pourra conduire les eaux limoneuses des temps de crues dans les étangs et les marais du delta, au moyen de petits canaux dérivés de la droite du Kilia et de la gauche du Saint-Georges. Ces canaux, après avoir déposé le limon de leurs eaux, trouveront un

écoulement dans le canal de Soulina. De cette façon, on gagnerait à l'agriculture et aux pâturages de vastes terrains, et la condition hygiénique du delta serait améliorée.

§ VII.

STATISTIQUE DU MOUVEMENT COMMERCIAL ET RAPPORT ENTRE LES TAXES ET LES DÉPENSES.

La commission de la marine sarde convoquée à Gênes par l'ordre ministériel en date du 21 décembre dernier (n° 5343, 1re section, Marine marchande), a discuté la taxe qu'on pourra imposer aux bâtiments, proportionnellement à leur chargement, quand la régularisation du canal Saint-Georges sera un fait accompli; et elle a conclu que cette taxe pourrait être fixée à 4 francs par tonneau. Elle a comparé les dépenses auxquelles est actuellement assujettie la navigation, en raison des difficultés que présente le canal de Soulina; et elle a

reconnu que ces dépenses s'élèvent à 3,058 fr. 70 c. pour passer la barre sans remorqueur, et à 3,400 fr. environ, avec la dépense du remorqueur, pour un bâtiment de cent soixante-dix tonneaux, c'est-à-dire 20 francs par tonneau; la taxe de 4 francs n'en serait que le cinquième. Cependant, comme dans ces calculs on a supposé que l'assurance pour Galatz est la même que pour Odessa, la commission croit que l'avantage du nouveau tarif ne peut être évalué qu'aux deux tiers.

La commission réduirait même cet avantage à la moitié, parce qu'elle pense que « aussitôt que la ré-
» gularisation sera exécutée dans le canal Saint-
» Georges, et que la navigation du Danube sera
» rendue complétement facile et sûre, les spécula-
» teurs en profiteront pour diminuer le prix du fret
» au détriment des armateurs et des navigateurs. »

Pourtant, comme on doit, en somme, envisager la véritable économie obtenue sur les dépenses qui sont à la charge des marchandises transportées, sans rechercher entre qui se répartiront en dernière analyse ces économies et ces bénéfices, que ce soit à l'avantage de l'affréteur ou des armateurs, ou de tout autre intermédiaire, il n'en est pas moins toujours vrai, selon moi, que l'économie qui contribuera à la

diminution du prix de la marchandise, sera au moins des deux tiers des dépenses actuelles.

M. le chevalier Isola, commandant le bâtiment à vapeur de la marine royale l'*Authion*, est arrivé de son côté aux mêmes conclusions, bien que par une voie différente. Il a constaté que les bâtiments sardes et ceux des nations grecque et roumaine emploient ordinairement trente jours pour remonter de Soulina à Galatz, et vingt pour descendre de Galatz à Soulina; et comme très-souvent ils ne peuvent vaincre les brisants soulevés à la barre par la force des vents du nord à l'est, ils sont contraints de perdre quarante jours pour attendre le temps propice, ou pour ne pas rester en rade jusqu'à ce qu'il leur soit possible de pouvoir rembarquer leur cargaison entière. Il résulte de là que, quoique Odessa et Galatz soient également distantes du Bosphore, le voyage dans la première direction exige quarante-cinq jours de moins que dans la deuxième.

En partant de cette donnée, M. le chevalier Isola a pu, d'après des recherches statistiques très-précises et très-sagaces, calculer que les dépenses supportées annuellement par 1,953 bâtiments appartenant aux différentes nations, moyenne du mouvement commercial pendant une période de dix ans, au-

raient été, pour le trajet du Bosphore à Galatz, supérieures à celles du Bosphore à Odessa de 7,775,065 fr., en se rapportant au jaugeage d'enregistrement; ou, en prenant pour base le jaugeage réel de chargement, de 8,886,276 fr. M. le chevalier Isola ajoute encore une autre remarque. En tenant compte de la prime que les assureurs exigent pour le voyage de Galatz, exposé, dans l'état actuel des choses, à une foule de retards, périls et avaries, et en admettant que cette prime disparaisse quand, par la régularisation stable du canal et de l'embouchure du Saint-Georges, ces inconvénients disparaîtront, la différence de la dépense annuelle s'élèverait à 11,282,251 fr. Cependant il me paraît, conformément à l'opinion de la commission sarde, qu'il convient de renoncer à supputer ce dernier avantage; car la différence de la prime d'assurance continuera de subsister, à cause des difficultés toujours grandes qui se rencontreront dans le trajet du Bosphore à Galatz. Ce trajet exige que l'on continue à longer la côte jusqu'aux bouches du Danube, dont l'entrée et la sortie ne seront jamais tout à fait exemptes de dangers. Nous nous bornerons donc à admettre que la régularisation du canal Saint-Georges diminuera les dépenses de 8,886,276 francs. Cette somme, di-

visée entre 1,953 bâtiments, et sur le chargement moyen réel évalué à 150 tonneaux par bâtiment, réalisera une économie de 30 francs par tonneau.

Pour plus de certitude dans les calculs, il convient de se renfermer dans des limites plus étroites et de reconnaître que la navigation, dans une mer libre, du Bosphore à Odessa, présentera toujours moins de difficultés que la navigation du Bosphore à Galatz, quoique la distance soit égale; car pour cette dernière, outre l'obstacle que présente nécessairement l'embouchure d'un fleuve, il faudra subir les lenteurs de la navigation à voiles dans le canal du fleuve et recourir à l'assistance des remorqueurs.

C'est là ce qui fait qu'on doit réduire aux deux tiers seulement, c'est-à-dire à 20 francs par tonneau, l'économie qu'on obtiendra par les travaux proposés. Nous pouvons donc admettre que, en imposant une taxe de 4 francs par tonneau, le commerce et la navigation obtiendront un bénéfice des 4/5 sur les charges de toutes sortes qu'ils ont à supporter dans l'état actuel des choses.

Maintenant, il s'agit de prouver que la taxe de 4 francs par tonneau sera suffisante pour couvrir les dépenses de la régularisation du canal, indépendamment du bénéfice direct qu'en retireront toutes

les nations commerçantes d'Europe. Pour se convaincre que cette taxe est suffisante, il n'y a qu'à observer l'accroissement considérable du nombre des bâtiments qui font le trajet du Bosphore à Galatz. Ce nombre, qui, d'après la moyenne des dix dernières années, recueillie par le commandant de l'*Authion,* n'était que de 1,953 bâtiments par année, peut être évalué actuellement à 2,500 environ.

Quand on aura régularisé l'embouchure du fleuve et aplani le grave obstacle qui intercepte la navigation aux Portes-de Fer, et qui empêche presque en tout temps la libre communication entre le Danube supérieur et le Danube inférieur, enfin quand on aura proclamé et garanti par les traités la libre navigation de ce grand fleuve pour toutes les nations, on peut supposer, sans exagération, que le mouvement de la navigation et du commerce recevra un accroissement de 20 °/₀ au moins. On peut donc calculer sur 3,000 bâtiments par an d'une portée moyenne de 150 tonneaux chacun, c'est-à-dire sur 450,000 tonneaux de marchandises qui payeront annuellement la taxe. C'est un produit annuel de 1,800,000 fr., qui doit fournir un intérêt de 5 °/₀ sur la somme de 26,000,000; et, ainsi que nous l'avons dit, cette somme peut être regardée comme la

dépense totale de la régularisation complète du canal Saint-Georges.

De ce produit de		fr. 1,800,000
si l'on déduit l'intérêt en fr.	1,300,000	
et en outre la somme de. . . . . nécessaire chaque année pour l'amortissement du capital, dans une période de 50 ans,	125,000	
on aura en total. . . . fr.	1,425,000	fr. 1,425,000
Il restera donc encore.		fr. 375,000

annuellement, somme qui, à mon avis, serait suffisante pour subvenir à toutes les dépenses d'entretien et de conservation du nouveau système. Quant au personnel chargé de la surveillance et de la police de la navigation, je pense qu'il serait choisi et entretenu sur les lieux, à la charge des nations intéressées à la prospérité de ce commerce.

Lors même que l'expérience démontrerait l'insuffisance de ces calculs, et quand, ce qui paraît peu probable, tant de nations désireuses de faire réussir cette grande entreprise, ne se trouveraient pas disposées à s'imposer une part dans de si légers sa-

crifices, les observations qu'on vient de présenter démontrent qu'on pourrait se permettre une augmentation sur la taxe de 4 francs, tout en laissant encore au commerce un large bénéfice.

§ VIII.

ÉPILOGUE ET CONCLUSION.

En résumant les considérations précédentes, il me semble que je puis en tirer avec sécurité les conclusions suivantes :

1° On ne peut pas espérer une régularisation stable d'un bras quelconque du Danube par des excavations artificielles et par des moyens mécaniques; il est nécessaire de recourir à la construction de grandes digues qui en resserrent l'embouchure en mer par un canal régulier.

2° La nécessité de recourir à de vastes travaux étant admise, la plus grande profondeur actuelle du passage sur la barre ne peut seule décider de la préférence à donner à un canal plutôt qu'à un autre.

3° Loin de là, la préférence doit au contraire essentiellement dépendre de la position de l'em-

bouchure plus favorable à la navigation entre le Bosphore et Galatz, ou les autres échelles du Danube, a la remonte ou à la descente.

4° Pour fixer sa préférence, on doit non-seulement tenir compte de l'importance des travaux directement nécessaires pour régler le canal de l'embouchure, mais encore de tous les travaux accessoires qui sont nécessaires pour rendre l'embranchement fluvial facilement praticable sur tout son parcours.

5° Il faut en outre ne pas se borner à considérer l'importance des travaux de premier établissement; mais on doit encore tenir compte de ceux qui, avec le temps, deviendront indispensables pour conserver le système, en prolongeant les digues, une fois que l'inévitable banc de sable se sera reformé à l'embouchure. Par conséquent, il faudra préférer celle des embouchures pour laquelle cette éventualité sera la plus éloignée possible.

6° Le temps nécessaire pour accomplir la régularisation n'est pas proportionnel à l'importance et aux dépenses des ouvrages; mais il dépend essentiellement de la célérité avec laquelle ces travaux peuvent être poussés, sans qu'il soit nécessaire pour cela d'interrompre la navigation actuelle.

7° Le montant de la dépense qu'exigent les travaux à exécuter ne doit pas influer sur la préférence à donner à tel canal plutôt qu'à tel autre, lorsque la dépense plus grande donne proportionnellement un plus grand résultat, et qu'elle est compensée par les avantages plus considérables qui en dérivent.

8° Toutes les conditions précédentes sont parfaitement remplies par la régularisation du canal Saint-Georges; elles le sont incomplétement par la régularisation du Soulina, et notamment la condition indiquée au numéro 6 manquerait absolument si la préférence était accordée à ce dernier canal.

9° Si en entreprenant les travaux du canal Saint-Georges, on suit les règles indiquées aux paragraphes V et VI, on peut être fondé à espérer d'accélérer de plusieurs années l'ouverture d'une passe bonne et suffisante par ce canal, avant même que tous les ouvrages projetés ne soient achevés, et qu'on n'ait par là assuré un succès complet.

10° En entreprenant la régularisation du canal Saint-Georges, non-seulement on n'interrompt pas le libre usage de cette navigation, défectueuse si l'on veut, mais pourtant nécessaire, qui se pratique actuellement par le canal du Soulina, mais on peut y apporter de grandes améliorations, soit en exécu-

tant dès le principe des travaux communs aux deux canaux, c'est-à-dire en détruisant les bancs rocheux de Toultcha, soit en exécutant des travaux provisoires et transitoires de peu d'importance.

11° En imposant aux bâtiments une taxe qui serait très-faible en comparaison des charges sans nombre que supporte actuellement la navigation, soit directement, soit par l'effet des retards, des avaries et même des avanies auxquels elle est exposée aujourd'hui, on se procurera un produit annuel suffisant pour servir les intérêts et l'amortissement du capital employé à la régularisation du canal Saint-Georges, et pourvoir en même temps à son entretien.

12° Enfin, et comme conséquence générale de toutes les considérations qui précèdent, non-seulement il ne peut rester de doute que le canal Saint-Georges doive être préféré à tous les autres entre lesquels se divise le Danube avant de se jeter dans la mer ; mais, en outre, ce n'est que par la régularisation du Saint-Georges qu'on pourra atteindre le but qu'on se propose, qui est d'obtenir un succès plus complet et plus durable, sans même interrompre la navigation actuelle.

Turin, 26 avril 1858.

APPENDICES

AU

MÉMOIRE HYDROGRAPHIQUE

SUR LES BOUCHES DU DANUBE.

PREMIER APPENDICE

AUX CONSIDÉRATIONS SUR L'EMBRANCHEMENT DU DANUBE
QU'ON DOIT PRÉFÉRER
POUR Y ÉTABLIR UNE RÉGULARISATION STABLE.

Dans mon premier Mémoire du 26 avril dernier, j'ai établi que, de toutes les embouchures du Danube dans la mer Noire, le canal Saint-Georges est non-seulement l'embranchement le plus propice à la navigation, mais en outre le seul où l'on puisse se flatter d'obtenir une régularisation qui soit permanente plus que partout ailleurs. Les considérations qui m'avaient conduit à cette conclusion s'appuyaient sur les faits contenus dans les divers Mémoires des ingénieurs et des délégués des différents États intéressés. Elles s'appuyaient spécialement sur les résultats des sérieuses études hydrographiques et des rapports de M. le capitaine Spratt, de la marine

royale britannique, lequel avait jugé que l'embranchement de Kilia, avec toutes ses embouchures, devait être absolument exclu, et que le choix ne pouvait tomber que sur un des deux embranchements de Soulina ou de Saint-Georges. C'est à ce dernier qu'il accordait la préférence.

Je ne fus pas médiocrement surpris quand, parmi les divers nouveaux documents qui m'ont été dernièrement communiqués, dont la plus grande partie ne font que répéter les théories antérieures, et qui contiennent quelques-unes des discussions de la commission, je trouvai un rapport du même capitaine Spratt, dans lequel, ayant changé inopinément d'avis, il préconise maintenant comme préférable l'embranchement de Kilia, et propose la régularisation de l'embouchure d'Otchakof.

L'importance de la question, et la juste autorité qui s'attache à l'opinion d'un officier de mer et d'un hydrographe aussi distingué, méritent qu'on prenne en sérieuse et mûre considération son avis personnel aussi bien que les motifs qui l'ont déterminé. C'est précisément ce que je me propose de faire dans ce premier Appendice.

Avant tout, je dois dire que, dans ce nouveau rapport même, les arguments par lesquels M. Spratt

combat l'opinion de ceux qui voudraient préférer la régularisation du Soulina à celle des autres branches et bouches du Danube, s'accordent précisément avec ce que j'ai exposé dans mon premier Mémoire. Spécialement dans le § III, j'ai démontré, ce me semble, assez clairement : que la plus grande profondeur du passage de Soulina n'était pas un motif suffisant pour en espérer une plus grande économie dans la régularisation stable du passage; qu'il convenait d'avoir égard aussi à la construction du canal, qui aurait exigé des travaux très-étendus, très-coûteux, et d'un effet toujours incertain, lent et imparfait; que, quand bien même il serait prouvé que les premiers travaux de régularisation y coûteraient moins, on s'exposerait au très-grave inconvénient de les devoir renouveler et poursuivre à des intervalles de temps plus rapprochés, ce qui causerait de graves et continuelles dépenses. Enfin, j'ai démontré comment, en entreprenant les travaux dans le canal de Soulina et à son embouchure en mer, on entraverait la navigation actuelle par des obstacles tels qu'il serait à craindre que, pendant l'exécution des travaux, toute navigation entre le Danube et la mer Noire ne se trouvât presque entièrement interrompue.

Cependant il semble encore que quelques-uns des préopinants insistent pour qu'on donne la préférence au Soulina sur les autres branches du Danube, et ils croient pouvoir réussir avec plus de facilité et d'économie en pratiquant à son origine des coupures et des éperons (*con tagli e speroni*), afin d'y introduire une plus grande quantité d'eau. A ce sujet, je crois devoir observer que, quoique, généralement parlant, un tel système ait été pratiqué heureusement sur beaucoup d'autres fleuves, il n'a eu pourtant un véritable succès que dans des circonstances bien différentes du cas actuel. La direction que prend le canal de Soulina, en se détachant de celui de Saint-Georges; la violence avec laquelle le fleuve, réuni, se porte dans ce dernier canal large et profond; la faible tendance qu'il a, au contraire, à suivre le Soulina; l'énorme disproportion qui existe entre les masses des deux embranchements; tout cela me porte à croire que l'opération dont il s'agit serait assez difficile et d'un succès incertain. On ne pourrait même l'entreprendre qu'en procédant par de dispendieux ouvrages en saillie, sur la gauche et voire même sur la rive droite du Saint-Georges, ouvrages qui, en recevant le choc direct du courant, seraient assez dangereux pour la navigation des-

cendante. Mais quand bien même on réussirait à détourner dans le Soulina une quantité d'eau suffisante en profondeur et en largeur pour une bonne navigation, c'est en vain qu'on espérerait que cela seul suffît pour régler le canal et l'astreindre au régime voulu. Par l'introduction d'une plus grande quantité d'eau, les courbes étroites du Soulina, au lieu d'être rectifiées, se déformeraient de plus en plus sous l'action plus énergique du courant contre leurs concavités. Comme à la plus grande profondeur répondrait une plus grande largeur du canal, qui court entre des rives basses, et traverse des alluvions sans consistance, on serait constamment forcé de construire de hautes digues de régularisation sur toute sa longueur, afin d'éviter les corrosions et la formation vicieuse de nouveaux embranchements secondaires. Si donc on augmentait la portée du Soulina, bien loin de diminuer les travaux nécessaires à sa régularisation, on ne ferait que les rendre plus considérables et plus dispendieux. On n'aurait créé qu'une cause nouvelle de dépenses, et en même temps des dangers, à la bifurcation de ce canal avec celui de Saint-Georges.

Le canal de Soulina étant exclu, M. Spratt s'attache à ceux de Kilia et de Saint-Georges, et il accorde

la préférence au premier pour des raisons que nous allons examiner.

Après avoir choisi, entre toutes les bouches par lesquelles le Kilia se déverse dans la mer, celle d'Otchakof, M. Spratt se flatte que, pour atteindre le but, il suffira de régler l'embranchement fluvial qui, du bassin de Wilkovo, arrive à la côte, et de prolonger les travaux de cette régularisation sur les bas-fonds en avant de la même embouchure, en leur donnant le caractère d'un simple remblai et de digues artificielles formées sur les atterrissements actuellement existants. Grâce à ce moyen, il espère empêcher que le fleuve, quoique renfermé en de plus étroites limites, ne menace et ne détruise les travaux. Comme ces travaux, par l'effet des remblais, seraient garantis contre l'action des flots de la mer, les plages, devant l'embouchure d'Otchakof, étant presque à sec, et n'ayant qu'un fond de six pouces à un pied et demi ou deux pieds tout au plus, M. Spratt propose de faire consister ces travaux en des digues qui seraient formées de légères palissades, destinées à restreindre le fleuve dans des limites suffisantes pour lui procurer un fond de 15 ou 16 pieds.

De cette façon, le canal, qu'il considère comme le dernier tronc du fleuve pour arriver de son origine

dans le bassin de Wilkovo, jusqu'à la rencontre des bancs de sable extérieurs au delà des plages adhérentes à la côte, serait contenu, sur la gauche, par une digue formée de la manière que nous venons de dire, de la longueur de 5,400 pieds, et, sur la droite, par une digue semblable, longue de 3,000 pieds. M. Spratt estime que le fleuve, après s'être creusé un lit ainsi rectifié, pourra aussi, par la seule force du courant, s'ouvrir une passe de profondeur suffisante, même à travers les bancs de sable extérieurs. Mais comme il doute, au fond, que cet heureux résultat puisse être obtenu, il propose, par surcroît, de prolonger de quelques centaines de pieds plus avant dans la mer des estacades formées de groupes de pilotis espacés, entre lesquels, suppose M. Spratt, le courant pourra toujours se maintenir et contribuer au déblayement et à l'approfondissement des bancs de sable qui se trouvent encore à une telle distance.

Voici, à ce qu'il paraît, comment M. Spratt a été amené à ces propositions : c'est que la distance entre le point où les profondeurs sont de six pieds, et le point où elles atteignent trente pieds, n'est, devant l'embouchure d'Otchakof, que de 1,500 pieds, tandis que devant celle de Saint-Georges, elle est de

3,600 pieds. Ce motif aurait de la valeur si l'on pouvait espérer que la première rectification du canal entre les digues, poussées seulement au point de rencontre des bancs de sable extérieurs, produisît l'effet qu'on en attend, et si, cet effet une fois obtenu, on pouvait croire qu'il devînt permanent. Mais d'abord, comme nous le verrons par la suite, on ne peut espérer d'obtenir le premier effet; et, en second lieu, il est hors de doute qu'avec le temps, quel que soit l'embranchement du Danube qu'on préfère, on devra toujours et inévitablement prolonger son embouchure. Il ne suffit donc pas de reconnaître quel est le système des travaux qui pourra atteindre à une profondeur voulue, par exemple celle de 30 pieds; il faut, de plus, chercher l'endroit où la nécessité de prolonger successivement ce système de travaux se reproduira à un intervalle de temps le plus éloigné possible. Or, devant le Saint-Georges, on rencontre les grandes profondeurs de 60 pieds à la distance de 7,500 pieds, tandis que devant Otchakof, on ne les trouve qu'à la distance de 10,500 pieds. En outre, immédiatement devant l'embouchure du Saint-Georges, les profondeurs de 120 pieds ne sont qu'à la distance de 3 ou 4 milles, tandis que ces mêmes profondeurs ne se rencontrent

devant l'embouchure d'Otchakof qu'à une distance de 15 ou 20 milles. Ceci prouve que le fond de la mer a beaucoup plus de déclivité à l'embouchure du Saint-Georges qu'à celle d'Otchakof. Par conséquent, il est évident qu'en régularisant de préférence l'embouchure du premier de ces canaux, on éloigne bien davantage l'époque à laquelle on se verrait contraint de prolonger les digues.

A première vue, on a de la peine à comprendre comment M. Spratt, qui avait pourtant accordé fort justement un si grand poids à cette circonstance, n'en tient plus compte, et change maintenant d'opinion; et l'on s'en étonne d'autant plus que, à son avis, la nécessité de prolonger les digues se répéterait chaque année. Mais je suis loin d'admettre cette nécessité prétendue. Quand le canal de l'embouchure contraindra la masse des eaux à se tenir réunie et à chasser ainsi les matières au large avec beaucoup de force; et quand, devant l'embouchure, il y aura une grande profondeur et un fond de mer beaucoup plus rapide, on n'aura plus à redouter, si ce n'est dans un avenir fort éloigné, la formation de nouveaux bancs de sable devant la digue, qui réduiraient la profondeur à moins de 15 ou 16 pieds, nécessaire au libre passage des bâtiments. Le danger

de cet inconvénient, tant redouté, sera d'autant plus reculé, je le répète, que la profondeur et la déclivité de la plage sous-marine seront plus grandes.

M. Spratt signale l'énorme quantité de sables unis aux détritus des crustacés qui se trouvent le long de la côte, depuis l'embouchure du Dniester jusqu'à Kustendjé, jetés, comme il le dit, continuellement sur la côte par la tempête. Puis il suppose que ces sables ne pourront jamais obstruer l'embouchure d'Otchakof. Pour moi, je pense au contraire que ces sables descendent même jusque devant les diverses embouchures du Kilia et encore plus bas. Ils sont entraînés par l'action continuelle du courant littoral, qui agit à une grande profondeur, comme je l'ai noté dans mon premier Mémoire. Ce fait est démontré dans le *Portulan* de la mer Noire; et ce courant coopère inévitablement avec l'action du fleuve pour former les encombrements qui se produisent devant les embouchures.

On ne peut pas non plus comprendre comment M. Spratt, qui fait avec raison observer que les atterrissements (*interrimenti*) devant le Soulina sont dus en bonne partie aux courants littoraux qui y apportent les matières amenées à la mer par les nombreuses embouchures du Kilia, ne reconnaît

pas que les bancs de sable qui se forment devant les bouches mêmes tirent presque entièrement leur origine des alluvions des fleuves supérieurs qui sont entraînées à de grandes distances. Le mouvement continu qui rase les côtes est cause précisément que ce phénomène se manifeste jusqu'à de très-grandes distances. C'est ce qui arrive sur la côte occidentale de l'Adriatique, et spécialement devant les lagunes de Venise. Dans ces lagunes, les ports sont encombrés de bancs très-étendus, bien qu'il n'y débouche aucun fleuve. Par conséquent, on ne peut douter que ces bancs ne soient produits par les matières charriées à la mer par le Piave, par la Livenza, par le Tagliamento et par l'Izonzo, qui cependant sont très-éloignés de ces ports.

M. Spratt, il est vrai, croit que pour préserver l'embouchure d'Otchakof des matières apportées à la mer par les fleuves supérieurs, il suffira de la baie qui se trouve au nord, et à l'extrémité de laquelle les plus grosses matières, poussées par les vents et par les ondes sur la côte de Jebriani, s'accumulent en forme de dunes. Mais je ne puis me convaincre que ce soit un suffisant empêchement à l'effet continu des courants littoraux, qui emportent toujours plus bas les matières déversées par les fleuves supé-

rieurs. Que l'action combinée des vents et des lames du fond engendre ces dunes, c'est ce qui ne peut être révoqué en doute; mais ce qui ne me paraît pas admissible, c'est qu'on en déduise la conséquence qu'une partie de ces matières ne continuent pas leur trajet sous-marin le long de la côte, devant les dunes mêmes de Jebriani. Si l'on fait attention à la formation lente de ces dunes et à leur composition, on restera convaincu que, les matières débouchant des fleuves supérieurs sans aucune interruption, il est indubitable que, pour une grande partie, elles continuent leur cours vers les bouches du Kilia, et que par suite elles contribuent à accroître l'encombrement formé par les matières déposées par le fleuve lui-même à ses embouchures. Ce sont précisément ces matières qui font que, si devant l'embouchure d'Otchakof les profondeurs de 6 à 30 pieds sont éloignées seulement de 1,500 pieds, celles de 60 pieds ne se rencontrent qu'à 10,500; et la plage sous-marine n'y a qu'une pente très-douce, de 1 pied de hauteur sur 300 pieds de longueur.

Dans ses premiers rapports et ses premières études, M. Spratt avait bien reconnu le risque auquel on s'exposerait en tentant d'améliorer l'em-

bouchure du Kilia, risque qui provient tout à la fois du peu de profondeur de cette embouchure, de la grande extension des atterrissements qui se trouvent au-devant, et de la formation du delta, qui s'accroît sans cesse, bien que lentement. Mais tout à coup M. Spratt déclare avoir changé d'opinion. D'après ce qu'il m'est donné de pouvoir recueillir de son nouveau rapport que j'examine, il me semble qu'il se fonde en premier lieu sur la comparaison d'anciennes cartes russes, dont je ne veux certainement pas contester l'authenticité, sans toutefois en garantir l'exactitude, et en second lieu, sur des observations relatives à la direction des vents et à l'action prépondérante des vagues de la grosse mer et des lames du fond. Ici, M. Spratt oublie trop, ce me semble, l'action des courants littoraux, bien autrement prépondérante, parce qu'elle est continuelle et de direction constante, l'action des vents contraires n'étant capable de la détourner qu'accidentellement et temporairement, tandis que les vents favorables en accroissent toujours l'efficacité. M. Spratt attribuait cependant une grande influence à cette action des courants littoraux, et il déclarait qu'elle était de nature à faire disparaître les effets de la régularisation du Soulina. Mais M. Spratt

n'en tient plus aucun compte quand il s'agit de la régularisation de l'embranchement d'Otchakof.

Pour ma part, je n'entends pas nier la grande influence des lames du fond sur la création et l'extension des plages et des bas-fonds. Mais, rappelant ici ce que j'ai dit dans mon premier Mémoire, je répète qu'après avoir creusé et abaissé la plage sous-marine jusqu'à la profondeur où la mer est toujours tranquille, ces lames n'auraient plus la force de prolonger la haute plage découverte ni d'obstruer l'embouchure du port, si les fleuves, par leur action directe ou par l'effet des courants, ne rétablissaient incessamment cette mince plage sous-marine que déplacent les lames du fond. On ne peut admettre en principe absolu que la mesure des effets soit proportionnelle à l'intensité de la cause; car la cause, tout en restant puissante, ne produira que des effets nuls ou insensibles si la matière sur laquelle elle doit agir vient à manquer. Un port qui s'ouvre dans une côte rocheuse ayant devant elle une grande profondeur de mer, aura beau être exposé aux coups des plus violentes tempêtes, il ne verra pas son embouchure s'atterrir. C'est que les ondes ne peuvent pas remuer le fond et en soulever les sables, qui se trouvent au-dessous

du niveau où l'agitation de la mer se fait encore sentir. Si au contraire le port est ouvert dans une côte sujette aux alluvions des fleuves, on pourra réussir à le garantir contre les effets de ces alluvions, en resserrant le canal de l'embouchure entre des digues poussées jusqu'aux grandes profondeurs de la mer. La digue opposée aux courants littoraux arrêtera contre elle les sables traînés par les courants mêmes et soulevés par les vents qui battent la digue à revers, et elle empêchera ces sables d'entrer dans le canal. L'autre digue sera un obstacle contre l'introduction des sables que les marées, poussées par les vents contre la digue même, soulèvent de la plage inférieure. Enfin les têtes des digues, portées aux grandes profondeurs, tiendront lieu de côte naturelle rocheuse, et empêcheront les effets des lames du fond.

Pour appuyer ces vérités sur un exemple pratique, il sera nécessaire de le chercher en un lieu où la lutte d'action entre les lames du fond et les courants littoraux ne soit compliquée par l'intervention d'aucun fleuve qui, parcourant le canal, jette ses eaux troubles à son embouchure. Cet exemple se présente d'une manière assez concluante dans la régularisation du port de Malamocco. Dans la note qui accom-

d'lui tous les sables s'accumulent sur une grande étendue et à une grande hauteur derriere le talus extérieur de la digue; et si une partie de ces sables est encore entrainée par les courants plus au large, ils se précipitent et se dispersent à une profondeur telle qu'ils ne peuvent plus être soulevés par les lames du fond. Ils ne sont plus dans l'embouchure, et elle est devenue un passage si parfaitement libre que, comme on le sait, elle est déjà praticable pour les frégates armées, ce qui jusque-là, et à aucune époque, n'était arrivé pour l'ancienne embouchure.

De ce que le bras d'Otchakof a une masse d'eau moindre que celle du Saint-Georges, M. Spratt en tire un autre argument pour admettre que les atterrissements seront plus lents à se former devant la première de ces embouchures que devant l'autre. Mais là, il me semble qu'il y a contradiction avec le principe que M. Spratt lui-même a posé: à savoir qu'un courant puissant, et par conséquent une masse d'eau considérable est nécessaire d'une manière permanente dans le canal de l'embouchure, pour que cette masse d'eau ait la force de pousser au large les matières qu'elle transporte, et pour détruire les bancs de sable déjà existants, ou qui

pourraient se former devant l'embouchure. Véritablement, si l'on ne voulait pas admettre ce principe, il faudrait reconnaître, à ce point de vue, que tout l'avantage est à l'embranchement de Soulina, qui a la plus faible portée. A ce propos, je ne pourrais que répéter l'opinion que j'ai déjà émise dans mon premier Mémoire. Lorsque, entre les divers embranchements dans lesquels un grand fleuve se divise en se jetant dans la mer, il s'agit de choisir celui qui, assujetti à une régularisation systématique, offre les plus grandes chances de réussite, il ne convient de donner la préférence ni à l'embranchement qui a la plus grande portée, ni à celui qui en a une trop petite. Établir la portée la plus convenable serait un problème trop difficile à résoudre *à priori*. Les seules observations naturelles peuvent décider la question, et ces observations me paraissent, comme je l'ai déjà dit, plaider en faveur du canal Saint-Georges. C'est par ce canal que coulent les 8/27[es], c'est-à-dire un tiers à peu près de la portée totale du Danube. Cette quantité est considérable. Mais le Soulina n'a que les 2/27[es], c'est-à-dire moins d'un treizième de la portée totale. Quant à celui de Kilia, il a les 17/27[es], c'est-à-dire presque les deux tiers de cette même portée, cir-

constance que je considère comme la cause principale de sa division en tant d'embranchements secondaires avant qu'il ne se jette dans la mer.

Mais quand bien même on pourrait admettre ce principe que, pour retarder les ensablements au débouché d'un embranchement régularisé d'un fleuve à eaux bourbeuses, la petite quantité d'eau que cet embranchement contient fût une circonstance avantageuse, il ne me semble pas que M. Spratt en pût tirer argument pour préférer l'embranchement d'Otchakof. En effet, bien que le Kilia réunisse, un peu au-dessus de Wilkovo, presque les deux tiers de la portée entière du Danube, il n'en laisse plus qu'une petite part au bras d'Otchakof, parce qu'il se divise ensuite en cinq embranchements pour se jeter à la mer.

M. Spratt avait précédemment repoussé avec beaucoup de bon sens la préférence qu'on voulait donner au Soulina, en montrant que c'était une vaine espérance de croire que, le banc qui se trouve devant cette embouchure étant moins élevé, il aurait été plus facile d'y ouvrir un passage qui eût la profondeur nécessaire; et il ajoutait qu'il fallait absolument faire entrer en compte tant d'autres travaux considérables, qu'il aurait été ensuite nécessaire

d'exécuter tout le long du même canal de Soulina. Mais M. Spratt, tout en faisant ces très-justes observations à l'égard de ce dernier canal, croit, quand il s'agit de celui de Kilia, qu'il est possible de se borner aux travaux de la simple canalisation de l'embranchement proprement dit d'Otchakof et de son embouchure. C'est là un système qui me paraît très-éloigné de la vérité.

En accordant qu'aucun travail ne soit nécessaire au canal de Kilia, pas plus à son origine en aval d'Ichatal d'Ismaïl, où son entrée est viciée par des bancs étendus, que tout le long de son cours jusqu'à Wilkovo; en n'attachant même aucune importance à l'irrégularité de la section de ce canal au tronc de Kiliiska Chérinah, qui pendant les basses eaux ne présente pas peu de difficultés à la navigation, je ne sais pas comment on peut supposer que de nombreux et dispendieux travaux ne seront pas nécessaires dans le bassin de Wilkovo. En adoptant cette idée, on risquerait de voir par la suite les eaux du Kilia changer de direction, soit en s'ouvrant de nouvelles embouchures, soit en versant la masse d'eau d'un de ses embranchements dans un autre. Ces craintes sont fondées sur la variabilité continuelle des nombreux embranchements du Kilia,

qu'ont déjà fait connaître les études antérieures et les renseignements fournis par tous les ingénieurs et hommes de mer qui s'en sont occupés. On sait aujourd'hui surabondamment que, pour établir un sûr passage du Kilia, il serait tout à fait insuffisant de se limiter à régulariser l'embranchement et l'embouchure d'Otchakof. Il faudrait, en outre, étendre les travaux à la régularisation de tout ce vrai labyrinthe hydraulique que présente le bassin de Wilkovo, et il faudrait procurer un régime stable aux autres embranchements et aux autres bouches entre lesquelles se divise le canal de Kilia en entrant dans la mer; entreprise qui, à mon avis, serait énorme, coûteuse et d'un succès incertain.

Ces réflexions servent plus spécialement à démontrer combien il serait peu prudent d'entreprendre la rectification d'Otchakof, sans s'occuper en même temps du régime des autres embranchements qui sont au sud, ainsi que de l'embranchement de Bielgorod, qui tourne plus vers le nord. En effet, puisque M. Spratt voit à l'embranchement d'Otchakof et sur les autres embranchements du Kilia cet avantage que, se trouvant plus au nord, les matières qui en sortent seront transportées par les courants littoraux dans les embranchements du

sud qu'ils encombreront, on devrait, pour le même motif, donner la préférence à celui de Bielgorod.

Notons, toutefois, que M. Spratt, tout en croyant pouvoir restreindre ses travaux à la seule régularisation de l'Otchakof, ne méconnaît par pourtant qu'il est possible que, par la suite, le besoin se fasse sentir sinon d'établir le régime de toutes les autres embouchures du Kilia, du moins de pourvoir aux barrages des deux bouches de Rakof et de Bielgorod pour accroître l'Otchakof. M. Spratt calcule qu'avec ces barrages, la quantié d'eau de cet embranchement sera rendue égale à celle qui coule par le Saint-Georges, non compris toutefois le bras d'Olinka. Mais de cette façon, il me paraît que M. Spratt se met en contradiction avec lui-même. Il attribue la plus grande permanence des profondeurs dans l'embouchure d'Otchakof à la moindre quantité d'eau trouble, et, partant, de matières jetées à la mer par le fleuve. Or il est évident que, si en grossissant l'Otchakof on le rend d'une portée égale à celle du Saint-Georges, la permanence des profondeurs obtenues à l'embouchure de celui-ci sera beaucoup plus assurée, puisque les eaux, en poussant les boues en avant, les feront précipiter dans ces profondeurs, beaucoup plus grandes

à l'embouchure du Saint-Georges qu'à l'embouchure d'Otchakof.

D'ailleurs, c'est un assez dangereux parti que celui d'entreprendre la rectification d'un canal sans bien connaître préalablement la masse d'eau qu'il est destiné à recevoir. Il ne faut pas calculer cette opération sur une masse donnée qui y coule actuellement, en laissant aux résultats de l'expérience de juger s'il sera ensuite convenable d'augmenter la masse même. C'est précisément ce que ferait M. Spratt dans le cas dont il s'agit. Il réglerait le canal d'Otchakof selon sa portée actuelle, en se réservant de voir si par la suite il conviendrait de l'augmenter par la fermeture des deux embranchements latéraux de Bielgorod et de Rakof. En procédant de la sorte, il arrivera de deux choses l'une : ou, dans la première régularisation, le canal sera d'une largeur plus grande que celle qui serait nécessaire pour que sa masse d'eau fût capable de le creuser à la profondeur voulue, et alors il ne serait plus suffisant pour contenir éventuellement les deux autres embranchements susdits; ou bien, dès le principe, on donnera à la section normale une largeur beaucoup plus grande, et alors le canal viendra indubitablement à manquer de la profondeur désirée. C'est

là précisément ce qui fait que j'ai établi dans mon premier Mémoire (et je maintiens toujours cette opinion) que, pour la régularisation du canal Saint-Georges, il convient de se résoudre, dès le début, à barrer l'embranchement droit d'Olinka, tout au moins jusqu'à un niveau qui empêche l'écoulement par l'embranchement même dans les basses eaux; car c'est précisément pendant un tel état du fleuve qu'il est le plus nécessaire de maintenir abondantes, et la portée de l'embranchement gauche rectifié, et la portée du canal d'embouchure qui le termine.

Mais je dois avouer que ce qui m'a le plus surpris, dans ce changement d'opinion de M. Spratt, qui accorde la préférence à un des nombreux passages du Kilia plutôt qu'au passage unique du Saint-Georges, c'est de voir l'importance qu'il paraît maintenant attribuer au plus court trajet fluvial, depuis le point commun d'Ichatal d'Ismaïl, et le peu d'importance, au contraire, qu'il attache au plus long parcours maritime des vaisseaux qui sortent du Danube pour se diriger vers le Bosphore, et *vice versa*. Même en acceptant les études nouvelles et plus exactes que M. Spratt dit avoir été faites récemment, le trajet fluvial ne serait raccourci que de 9 milles 1/2; et je crois avoir déjà démontré clairement, dans

mon premier Mémoire, que, pour un bâtiment qui remonte ou descend le Danube, et qui gagne ou quitte la principale échelle de Galatz ou les échelles supérieures du fleuve, cette différence ne cause aucun préjudice sensible. Mais tout au contraire, on court de très-grands dangers, et l'on s'expose à des désastres, en affrontant sur un trajet de 35 milles en plus les vents de travers, qui sont plus fréquents et plus violents dans la mer Noire, et qui poussent les bâtiments contre la côte et contre les bancs qui en couvrent les bords. M. Spratt paraît maintenant vouloir atténuer ce danger en citant les observations de quelques capitaines qui n'en tiennent pas grand compte. Je ne sais quels sont ces capitaines; mais si je consulte toutes les informations recueillies auprès des pilotes les plus expérimentés, les dépositions faites devant la commission de la marine sarde, et les documents que fournit le *Portulan* de la mer Noire publié par le chevalier Taitbout de Marigny; quand enfin je songe aux conditions hydrographiques et nautiques de la route maritime dont il s'agit, je crois pouvoir en conclure avec fondement que les susdites assertions ne méritent aucun égard. Je ne comprends pas non plus, en ce qui concerne la navigation maritime, comment M. Spratt, qui, par ses précé-

dents rapports et ses consciencieuses études hydrographiques, a fait ressortir la plus grande facilité de mettre à la voile que trouvent les bâtiments à l'embouchure du Saint-Georges, pour prendre le large, oublie maintenant cet avantage, auquel les hommes de mer attachent pourtant une si grande importance.

Il me paraît évident que les intérêts au nom desquels on peut défendre la préférence donnée au débouché du Kilia ne sont que ceux du commerce et de la marine russes. Les intérêts de toutes les nations de l'Europe, de l'Amérique et des échelles asiatiques de la Turquie, n'admettent pas une telle préférence sur le débouché du Saint-Georges, quand même il serait vrai que le premier peut être plus facile et plus permanent que le second. Qu'on voie maintenant si l'on peut approuver cette préférence, quand, ainsi qu'il vient d'être démontré, la régularisation d'un débouché du Kilia sera infiniment plus difficile, plus imparfaite et d'une conservation bien moins durable que celle du Saint-Georges. Je crois que, sauf la Russie, toutes les nations de l'Europe s'accorderont sur la préférence à donner au Saint-Georges, sans en exclure même l'Autriche, comme on peut déjà l'entrevoir d'après les opinions émises

par ses conseillers et ses ingénieurs les plus distingués. En effet, si l'étendue de ses possessions sur les rives du Danube fait que, pour lui assurer le commerce entre ses ports sur le fleuve et la mer Noire, il puisse paraître indifférent que le débouché ait lieu en un point de la côte plutôt qu'en un autre, cependant, l'Autriche doit mettre une grande importance à ce que sa navigation fluviale, non-seulement par le Danube, mais encore par la Theiss, la Drave et la Save, puisse être en continuelles et faciles communications avec la navigation maritime de l'Archipel et de l'Adriatique, pour aborder aux ports de Fiume, de Trieste et de Venise. Il n'est pas douteux que l'Autriche ne soit entre toutes les nations de l'Europe celle à qui il doit importer le plus que la navigation trouve le plus de facilité et de sécurité possible entre le Danube et le Bosphore.

Les motifs pour lesquels je crois inadmissible la préférence que M. Spratt voudrait maintenant accorder au canal d'Otchakof sur le canal Saint-Georges étant exposés, je vais examiner le mérite du système de travaux par lui proposé, en le considérant sous le rapport de l'art de l'ingénieur hydraulique. Je crois cet examen d'autant plus nécessaire, que selon M. Spratt ce même système devrait être substitué à

ceux des digues prolongées en mer et disposées comme dans les projets antérieurs que j'ai discutés dans mon premier Mémoire. D'ailleurs, ces systèmes de travaux seraient applicables alors même qu'on voudrait accorder la préférence au canal Saint-Georges.

J'ai déjà rappelé comment M. Spratt, en limitant les travaux qu'il propose aux bords du canal d'Otchakof et sur les hautes plages qui se trouvent à l'embouchure, croit qu'on peut les considérer simplement comme des travaux fluviaux, et comment il en tire cette conséquence qu'ils peuvent consister en de légères palissades en bois, sans qu'il y ait à craindre une prompte détérioration, ni par l'effet de la décomposition, ni par l'action destructive des vers rongeurs. J'ai également indiqué comment M. Spratt se borne à pousser les palissades en mer jusqu'aux bancs de sable, espérant que le courant suffira à se pratiquer et à se maintenir une embouchure assez profonde. Enfin, j'ai dit comment il croit que, pour rendre cet effet certain, il faudra tout au plus pousser, en avant des palissades continues, deux lignes de groupes de pieux isolés sur une étendue de quelques centaines de pieds. Mais on se convaincra de toute l'insuffisance de cette

manière d'opérer, en réfléchissant aux considérations suivantes.

1° Si l'on veut que le chenal du fleuve puisse acquérir de la profondeur, il est nécessaire d'y faire agir une masse d'eau restreinte sur une section limitée, afin d'obtenir un courant efficace. Alors, cet affouillement sur le fond où sont plantées les palissades, et l'action même du courant qui s'appuiera aux palissades, les renverseront inévitablement. Il faudrait y employer, non pas de légères palissades, comme le suppose M. Spratt, mais des palissades d'une force énorme. Il faudrait les enfoncer à une grande profondeur. En dépit de tout cela, on ne réussirait pas à maintenir le pied des palissades immobile, et à en empêcher le renversement vers l'intérieur du canal. Cette circonstance, du reste, paraît être reconnue par M. Spratt lui-même, puisque, ailleurs, il dit qu'on pourrait, à l'aide de pierres jetées au pied de ces palissades, en assurer la stabilité ; et cela prouve bien qu'en substance l'utilité de ces pierres est reconnue.

2° Il est nécessaire que les palissades surpassent le niveau des plus grandes eaux; elles se trouveront donc en partie alternativement hors de l'eau ou submergées. Or il n'existe aucune qualité de bois

qui puisse se conserver longtemps avec de pareilles conditions.

3° Il n'est pas exact de supposer que, dans les ouvrages de régularisation qui ont pour objet de maintenir inaltérables les bords d'un grand fleuve, entre lesquels on veut faire agir le courant pour lui donner la force de creuser le fond, les palissades soient plus économiques que les pierres, quand on tient compte de l'entretien de ces palissades, et surtout lorsque les blocs de pierre ne manquent pas et qu'on peut les transporter presque sans frais à pied d'œuvre, au moyen d'embarcations qui descendent le fleuve, comme cela aurait lieu pour le canal Saint-Georges, en prenant les pierres principalement dans les carrières de Toultcha et de Besh-Tépéh.

4° Ce n'est qu'avec le système des pierres qu'on peut pourvoir successivement à la stabilité des rives du fleuve, en renforçant le pied des talus avec ces pierres, à mesure que la profondeur du lit s'accroît, et en établissant sur ces talus une chaussée solide et praticable.

5° Si les palissades sont insuffisantes pour régler le canal fluvial proprement dit, elles le sont beaucoup plus encore pour régler le canal qui traverse-

rait les hautes plages qui suivent le canal même. Considérer le canal qui traverse une plage couverte seulement d'un ou deux pieds d'eau, pendant les eaux moyennes, comme un canal fluvial, par cette raison que, la mer Noire n'étant pas sujette aux grandes marées périodiques, son action ne commence que, sur les bancs de sable extérieurs, c'est là une opinion qui me paraît tout à fait inadmissible. En effet, il n'y a pas, il est vrai, de flux et de reflux; mais il y a l'action des violentes tempêtes qui poussent la mer sur toute la côte. Quand donc on réussirait même à conduire un canal profond à travers cette côte, les palissades qui le resserrent, déchaussées à l'intérieur du courant fluvial, et extérieurement battues par les ondes de la mer, seraient bientôt renversées; le canal serait alors encombré encore une fois par les sables latéraux, et la plage reprendrait son état primitif.

6° Dans tous les cas, lors même que les palissades pourraient résister à l'action intérieure du courant fluvial et à la violence des marées, on ne peut pas admettre que le courant du fleuve suffise ensuite à lui seul non-seulement à entamer le banc de sable et à y maintenir un passage profond, mais encore à tenir libres et ouvertes les plages minces

et vastes qui se trouvent devant le banc. Le concours de deux lignes de groupes isolés de pieux sur le prolongement des digues ne peut pas ou presque pas aider à atteindre ces effets; car il n'est pas à supposer qu'entre ces groupes de palis isolés, le courant puisse conserver une vitesse suffisante au sein d'une mer orageuse. On ne peut pas davantage admettre que les sables apportés par le mouvement littoral ne pénétreront pas à travers les groupes du nord, et ne s'introduiront pas dans le canal, en lui faisant ainsi perdre sa profondeur.

7° C'est expressément pour obvier à ce danger que sont nécessaires les fortes digues continues, prolongées dans la mer jusqu'aux grandes profondeurs, dans lesquelles se perdront, sinon pour toujours, du moins pour longtemps, les matières et les déjections apportées par le fleuve. L'obstruction causée à l'embouchure par ces matières et par celles qu'apportent les courants littoraux, ou par les matières soulevées du fond de la mer, ne pourra se renouveler qu'à des époques assez éloignées.

8° La condition absolument nécessaire pour une des bouches du Danube, quelle que soit d'ailleurs celle que l'on veuille régulariser, c'est que l'on pousse les digues très-avant dans la mer en leur

donnant les dimensions et la structure qui les rendent capables de résister aux plus fortes tempêtes.

9° Pour atteindre ce but, et pour satisfaire au besoin, ou, pour mieux dire, à la nécessité de couronner les jetées de ces digues par des quais praticables et munis de point d'amarres et de halage, il n'y a pas d'autre mode de construction convenable que celui de jetées à pierres perdues.

Par tous ces motifs et ceux qui ont été déjà exposés dans mon premier Mémoire sur l'insuffisance de l'emploi du bois, je ne juge pas nécessaire de faire de nouvelles observations sur la durée de ce matériel. Je me borne seulement à dire qu'il ne me paraît pas sage non plus de se flatter que, dans la partie très-longue du canal qui traverse la plage maritime jusqu'au banc de sable, et que M. Spratt voudrait considérer comme un dernier tronc du fleuve, un matériel de ce genre puisse échapper à l'action des vers. L'expérience m'a au contraire démontré que ces animaux peuvent vivre et même peuvent ronger le bois dans des eaux très-saumâtres. Or, par l'effet des tempêtes et des coups de mer, les eaux qui baignent les plages basses très-étendues à l'embouchure d'un fleuve deviennent toujours saumâtres, bien que la mer même ne soit

pas sujette à des marées sensibles et périodiques. On ne peut pas non plus s'en fier à l'exemple apporté par M. le capitaine Spratt, de pilotis et principalement de carcasses submergées qui ne se trouvent pas endommagés par ces vers; car l'expérience prouve qu'ils n'agissent que lorsque le bois est plongé dans les eaux vives au lieu d'être enseveli sous les sables.

Ces réflexions me portent à croire que le motif principal qui a conseillé à M. le capitaine Spratt le système des travaux par lui proposé, c'est l'espoir d'obtenir une grande économie. Mais il me semble qu'il oublie ainsi l'excellent principe qu'il a lui-même recommandé, à savoir, que, dans la dépense que peut exiger la régularisation primitive, il faut moins songer à l'importance de cette dépense en elle-même, qu'à la dépense bien autrement importante à laquelle on devra faire face par la suite des temps, et dont le besoin se fera sentir d'autant plus souvent que les premiers travaux auront été moins sûrs et moins bien ordonnés.

Quoique M. Spratt manifeste le désir fort louable de circonscrire la dépense dans des limites assez restreintes pour qu'il n'en résulte aucune surcharge au détriment du commerce, surcharge funeste et dif-

ficile à supporter, cependant ce n'est pas un motif suffisant pour conseiller d'exécuter des travaux imparfaits et de durée éphémère. On doit d'autant moins recourir à cet expédient dangereux qu'il faut tenir compte des charges énormes, des abus, des pertes et des avaries de tout genre auxquels sont exposés les bâtiments et leur cargaison, dans l'état actuel des choses. Ainsi que je l'ai démontré dans mon premier Mémoire, en m'appuyant sur des documents officiels qui m'ont été communiqués, toutes ces charges sont tellement accablantes qu'une taxe sur les marchandises, suffisante pour compenser les dépenses de la première régularisation, et celles même de l'entretien successif et de la conservation, assurerait encore au commerce une immense économie sur l'ensemble des charges qu'il doit supporter actuellement, sous les divers chefs qui viennent d'être énoncés.

Je crois donc pouvoir conclure que le système de travaux proposé par M. Spratt ne serait suffisant qu'en vue d'une amélioration transitoire, qu'on désirerait procurer à l'embouchure du Soulina, pendant le temps que dureraient les travaux de régularisation définitive du canal Saint-Georges. Mais pour cette régularisation même, il convient de mettre à

exécution tous les travaux qui constituent le système analysé dans mon premier Mémoire.

Ici, je crois bon d'observer que M. Spratt, en tête de son premier rapport du 12 novembre 1857, déclare superflus et d'une dépense inutile les travaux proposés à l'origine du canal Saint-Georges pour obvier aux dangers que présente à la navigation le banc de roche de Toultcha, soit qu'on veuille le faire sauter par la mine, soit qu'on veuille ouvrir un nouveau canal dans l'alluvion qui s'étend devant la rive opposée. Il lui paraît que, pour se garantir contre ces dangers, il suffit de placer sur les points convenables quelques bouées, ou d'y planter quelques pieux en guise de signaux. Si les informations données par tous les autres ingénieurs qui ont exploré ces localités sont exactes, ainsi que celles des navigateurs expérimentés qui ont dû les franchir, l'opinion de M. Spratt me paraît, je dois le dire, assez hasardée. Mais quoi qu'il en puisse être, je n'insisterai pas davantage. Ce doute ne peut être autrement résolu qu'en consultant de nouveau et avec soin les pilotes et les gens au fait de la navigation dont il s'agit, plutôt que les études et les relevés hydrographiques. Aussi, je me bornerai à conclure que, s'il était vrai que les travaux proposés au passage de

Toultcha fussent superflus, ce serait un nouvel argument pour accorder la préférence à la régularisation du canal Saint-Georges sur tous les autres, en considération de la notable économie qui en résulterait.

Enfin, M. Spratt regarde comme inutiles les rectifications des coudes du canal Saint-Georges, sans en exclure le coude le plus étendu qu'on rencontre à partir du village de Gallinowak. J'ai déjà donné mon plein assentiment à cette opinion, ainsi qu'on peut le voir au § IV de mon premier Mémoire, et j'ai constaté que c'est un motif de plus qui plaide en faveur du canal Saint-Georges, et qui réduit d'autant la dépense nécessaire à sa régularisation, laquelle est préférable à toute autre.

DEUXIÈME APPENDICE

SUR LES TRAVAUX PROVISOIRES A L'EMBOUCHURE DU SOULINA.

Parmi les documents qui m'ont été dernièrement communiqués, se trouve un rapport de M. Hartley, du 3 avril dernier, duquel il résulte que, conformément à ce que j'avais indiqué, la commission l'avait chargé de proposer un plan de travaux pour améliorer provisoirement le passage du Soulina, qu'on approfondirait de deux pieds environ. Elle lui avait prescrit de ne pas excéder la dépense de 80,000 sequins, et lui indiquait la manière d'obtenir avec des palissades, en partie sur un seul rang, et en partie sur deux rangs, l'effet désiré. La commission n'ordonnait pas d'ailleurs à M. Hartley de suivre ce procédé, et elle lui laissait la faculté de proposer telle autre méthode qu'il aurait jugée plus convenable.

Je suis d'accord avec la commission sur ces sages prescriptions. Mais un point auquel je ne saurais adhérer nullement, c'est l'idée suggérée de donner aux travaux provisoires une direction telle qu'ils puissent au besoin servir à l'exécution de la régularisation stable de l'embouchure du canal de Soulina. Une telle idée me paraît intempestive et inopportune pour deux motifs. Le premier, c'est que par là on semblerait donner quelque consistance à cette opinion que, dans la suite, on pourrait bien préférer la régularisation stable du Soulina à celle de tout autre embranchement du Danube. A ce sujet, je ne puis que répéter qu'une telle intention serait tout à fait contraire aux véritables intérêts de la navigation et du commerce. Le second motif, c'est que, comme je crois aussi l'avoir démontré dans mon premier Mémoire, les ouvrages qui sont les plus convenables et les mieux adaptés à une amélioration transitoire, quoique suffisante, du Soulina, sont pour le tracé, pour le profil et pour le mode d'exécution, tout à fait différents des travaux qu'exige une régularisation stable, surtout quand la nécessité d'accroître la portée du Soulina est reconnue. Par conséquent, la précaution susdite sera cause qu'on exécutera des travaux qui ne seront pas les plus éco-

nomiques pour une amélioration provisoire, et qui conduiront en même temps à donner à la régularisation stable une direction fâcheuse.

En effet, le rapport lucide et raisonné de M. Hartley, en réponse au mandat que lui avait confié la commission, témoigne qu'il refuse de s'associer à ces vues et de proposer des travaux provisoires qui devraient ensuite faire partie intégrante des ouvrages définitifs. Les motifs qu'il allègue s'accordent avec les observations que j'ai faites, et ils me paraissent fondés.

M. Hartley a examiné trois systèmes de travaux provisoires : 1° celui des palissades sur un ou sur deux rangs; 2° celui de la submersion de carcasses de vieux bâtiments remplies de matériaux; 3° celui de caissons en bois de solides dimensions, qu'on submergerait remplis de pierres, l'un derrière l'autre, sur les lignes de régularisation. Mais la dépense que ce troisième système exigerait serait fort grande, si l'on plaçait ces caissons l'un devant l'autre sans intervalle, pour former une digue non interrompue. Il y aurait également de grandes difficultés à la submersion de ces caisses, et on se verrait dans la nécessité de former de libres jetées à leur pied. En conséquence, M. Hartley propose de submerger ces cais-

sons à la distance de vingt pieds l'un de l'autre et de les relier entre eux par un double rang de palissades.

M. Hartley exclut absolument le deuxième système, et je crois que tout homme de l'art sera d'accord pour le reconnaître comme tout à fait inopportun. M. Hartley donne également l'exclusion au premier système; mais je ne puis entièrement me ranger à son avis sur le motif d'une telle exclusion. Il allègue la difficulté considérable de planter les pieux au large. Selon lui, on serait obligé de procéder avec des échafaudages de pilotage supportés par des bateaux plats et des radeaux qui seraient continuellement agités; l'action en serait, par conséquent, troublée et amoindrie par le mouvement de la mer, ou même par le courant du fleuve; et partant, elle deviendrait tout à fait impossible par une mer agitée. Il en résulterait un travail d'une lenteur excessive, puisqu'il ne pourrait être continué d'une manière régulière que pendant les courts intervalles d'un calme plat. Ces difficultés, observe justement M. Hartley, n'existeraient pas pour enfoncer des pilotis entre deux caisses, parce qu'on pourrait jeter un pont de l'une à l'autre pour la construction de l'échafaudage. Par ces divers motifs, M. Hartley adopte

exclusivement le troisième des divers systèmes qu'il a exposés.

Il me semble qu'on pourrait remédier à l'inconvénient signalé en s'abstenant d'entreprendre immédiatement le travail au large, et sur plusieurs points, seul cas qui réclamerait le transport des sonnettes sur des radeaux, et en se contentant de pousser l'opération dans la mer au fur et à mesure, et en partant du rivage. De cette façon, avec une rangée double de pilotis qui seraient reliés par des longuerines et des traverses, on pourrait dresser sur les plus avancés un pont volant. Ce pont, formé de gros madriers, serait assez long pour pouvoir porter les sonnettes, et assez large pour que deux de ces engins pussent y manœuvrer simultanément en tête, et planter les pilotis des deux files. On avancerait le pont au fur et à mesure pour la continuation de l'ouvrage.

Il est vrai qu'il est possible d'objecter que, par ce procédé, le travail s'effectuerait trop lentement. Mais, à mon sens, la différence de temps ne peut pas être notable; car il faut beaucoup de temps aussi pour construire des caissons de fortes dimensions, pour les placer à l'endroit voulu, pour les remplir, pour les échouer et pour les relier au moyen d'une

double palissade. Tout cela exigera certainement, en proportion de la longueur des caissons, un temps égal à celui qui serait requis pour la double palissade continue. M. Hartley a calculé que son système de caissons reliés par des palissades exigerait une année pour 1,900 pieds de travail, ce qui correspond à peu près à un avancement de 50 mètres pour trente jours de travail utile. Je ne crois pas que l'avancement du travail, en le poussant au large seulement par les deux têtes, doive procéder bien plus lentement. En effet, si l'on remarque qu'on peut entreprendre à la fois la construction des deux digues, et que, sur chacune d'elles, on peut travailler simultanément au posage des deux files de pilotis, vu le peu d'espace nécessaire pour le placement et la manœuvre d'une sonnette à déclic, construite avec la perfection qu'on donne actuellement à ces machines, on verra que le travail peut marcher assez rapidement, pourvu qu'on ait eu le soin de former préalablement les dépôts de pilotis et des engins de rechange nécessaires. Le travail pourrait même ensuite procéder encore plus promptement, si l'on préférait le système indiqué d'une double palissade, liée par des longuerines et des traverses, et qu'on remplît de fascines et de terre l'espace compris entre

les deux lignes de pilotis. Par ce moyen, il ne serait plus nécessaire de planter les pieux côte à côte les uns auprès des autres, et l'on obtiendrait une remarquable économie de temps et d'argent. La protection du travail par des jetées serait commune à l'un et à l'autre système. Mais par celui que je propose, on atteindrait mieux le but sans craindre d'excéder la dépense fixée à 80,000 sequins. A plus forte raison n'excéderait-on pas celle de 154,245 sequins, montant du devis que M. Hartley a dressé, dans la supposition qu'on donnerait aux deux digues tout le développement qu'il croit nécessaire pour rendre probable un résultat satisfaisant, et durable pendant 5 ou 6 ans. Il est du reste certain que, en marchant de la naissance des digues à partir de terre vers la mer, on pourrait arrêter le travail à volonté au point où on croirait avoir obtenu un effet suffisant, ou bien quand on aurait employé une somme qu'on ne voudrait pas dépasser.

Enfin, je ferai observer que le système, selon moi, préférable, c'est-à-dire l'avancement progressif des palissades du bord vers le large, offrirait, quand on en sera au banc de sable de l'embouchure, l'opportunité d'employer le secours d'une drague à vapeur ou de cylindres armés de cuillers ou de

crochets, qui, en soulevant les sables, aideront le courant à les transporter aux plus grandes profondeurs de la mer. C'est là un travail auxiliaire qui, comme je l'ai déjà dit, peut être assez convenable, quand il s'agit d'une opération transitoire, mais qui ne vaudrait rien pour la régularisation stable de l'embouchure.

Turin, 31 mai 1858.

P. PALÉOCAPA.



